

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Frau  
**Daniela Reidl**

**Automation des Materialflusses der Roh- und Wertstoffe  
in der spanenden Fertigung**

2018



# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Automation des Materialflusses der Roh- und Wertstoffe in der spanenden Fertigung**

Autor:

**Frau**

**Daniela Reidl**

Studiengang:

**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:

**kw14wsa**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Hollidt**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Piel**

Einreichung:

**25.07.2018**

Verteidigung/Bewertung:

**Linz, 2018**



# **DIPLOMATHESES**

---

## **Automation of the material flow of raw materials and re- usable materials in metal- cutting manufacture**

author:

**Ms.**

**Daniela Reidl**

course of studies:

**Economics for Engineers**

seminar group:

**kw14wsa**

first examiner:

**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Hollidt**

second examiner:

**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Piel**

submission:

**25.07.2018**

defence/ evaluation:

**Linz, 2018**



## **Bibliografische Beschreibung:**

Reidl, Daniela:

Automation des Materialflusses der Roh- und Wertstoffe in der spanenden Fertigung - 2018 - VI, 58, A-8 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Diplomarbeit, 2018

## **Referat:**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den Automatisierungsmöglichkeiten der Transporte und der Lagerung für die Roh- und Wertstoffe, welche in der spanenden Fertigung anfallen. Die Hauptziele sind die kritische Hinterfragung der derzeitigen Prozesse, in dem die Ist-Situation sowie die Problemstellungen aufgezeigt werden, sowie die Ermittlung der möglichen Automatisierungslösungen für diese Bereiche. Letztendlich soll zusammenfassend eine Aussage getroffen werden, ob eine Automatisierung für den Erweiterungsbau wirtschaftlich möglich ist.





# Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>1      Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1      Firmenvorstellung .....	1
1.2      Motivation.....	2
1.3      Zielsetzung.....	2
<b>2      Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
2.1      Industrielle Revolutionen .....	3
2.1.1      Erste industrielle Revolution .....	5
2.1.2      Zweite industrielle Revolution .....	6
2.1.3      Dritte industrielle Revolution .....	8
2.2      Industrie 4.0 .....	10
2.3      Ausblick nach Industrie 4.0.....	14
2.4      Automatisierung .....	16
2.4.1      Innerbetrieblicher Materialfluss.....	16
2.4.2      Innerbetrieblicher Transport .....	18
2.4.2.1      Fördermittel .....	18
2.4.2.2      Automatisierte Fördermittel / Fahrerlose Flurfördermittel .....	20
2.4.3      Lagerhaltung .....	23
2.4.3.1      Grundsätze der Lagerhaltung .....	23
2.4.3.2      Lagerarten.....	23
2.4.3.3      Lagertypen .....	25
2.4.3.4      Automatisierte Lagersysteme .....	30
<b>3      Ist-Situation .....</b>	<b>35</b>
3.1      Bereitstellung des Rohmaterials .....	35
3.2      Späneaufbereitung .....	37
3.2.1      Werk I.....	38
3.2.2      Werk II.....	39
3.2.3      Spänemenge.....	40

<b>4</b>	<b>Problemstellung und Zielsetzung .....</b>	<b>41</b>
4.1	Bereitstellung Rohmaterial .....	41
4.1.1	Farbmarkierung des Materials.....	41
4.1.2	Einlagerung des Materials.....	42
4.2	Späneaufbereitung.....	43
<b>5</b>	<b>Konzept.....</b>	<b>45</b>
5.1	Automatisierung Materialfluss Rohmaterial .....	45
5.2	Automatisierung Späneaufbereitung .....	48
<b>6</b>	<b>Kostenberechnung .....</b>	<b>51</b>
6.1	Transportsysteme .....	51
6.1.1	Personalkosten .....	51
6.1.2	Anlagenkosten .....	52
6.1.3	Amortisationsrechnung .....	53
6.2	Späneaufbereitung.....	54
6.2.1	Personalkosten .....	54
6.2.2	Späneverkauf.....	55
6.2.3	Öl-Rückgewinnung.....	55
6.2.4	Anlagenschätzkosten.....	56
6.2.5	Amortisationsrechnung .....	57
<b>7</b>	<b>Conclusio .....</b>	<b>59</b>
7.1	Ergebnisse.....	59
7.2	Maßnahmen und Konsequenzen .....	60
7.3	Ausblick .....	60
<b>Literatur</b>	<b>.....</b>	<b>VII</b>
<b>Anlagen</b>	<b>.....</b>	<b>IX</b>
Darstellung Transportsysteme .....		A-1
Darstellung Lagerarten .....		A-5
Ist-Materialfluss und Soll-Materialfluss Bereitstellung Rohstoffe.....		A-7
Ist-Materialfluss und Soll-Materialfluss Späneaufbereitung .....		A-8

## **Selbstständigkeitserklärung**

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Industrielle Revolutionen.....	4
---	---

## Abbildungen Anhang

Abbildung 2: Transportsysteme; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="https://www.iph-hannover.de/de/dienstleistungen/tragrollenpruefungen/foerdertechnik/">https://www.iph-hannover.de/de/dienstleistungen/tragrollenpruefungen/foerdertechnik/</a> .....	A-1
--	-----

Abbildung 3: Rollenbahnförderer; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="https://www.duijndam-machines.com/de/automaten/3577/transnorm-rollenbahn-f%C3%B6rderer/">https://www.duijndam-machines.com/de/automaten/3577/transnorm-rollenbahn-f%C3%B6rderer/</a> .....	A-1
--	-----

Abbildung 4: Förderbänder; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="https://www.rosenbauer.com/de/int/world/produkte/vorbeugender-brandschutz/anwendungen-def/abfallrecycling">https://www.rosenbauer.com/de/int/world/produkte/vorbeugender-brandschutz/anwendungen-def/abfallrecycling</a> .....	A-2
--	-----

Abbildung 5: Kreisförderer; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="https://www.aft-group.de/produkt/deckenfoerderer/kreisfoerderertechnik/">https://www.aft-group.de/produkt/deckenfoerderer/kreisfoerderertechnik/</a> .....	A-2
---	-----

Abbildung 6: Hebezeuge; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="https://www.konecranes.de/fachlexikon/hebezeug">https://www.konecranes.de/fachlexikon/hebezeug</a> .....	A-3
---	-----

Abbildung 7: Hängbahn; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="http://www.demagcranes-ag.com/cms/site/int/Leichtkransystem-KBK/KBK-Haengebahnen">http://www.demagcranes-ag.com/cms/site/int/Leichtkransystem-KBK/KBK-Haengebahnen</a> .....	A-3
--	-----

Abbildung 8: Flurfördermittel; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="http://www.lt-manager.de/stoecklin-logistik-ag">http://www.lt-manager.de/stoecklin-logistik-ag</a> .....	A-4
--	-----

Abbildung 9: Fahrerlose Flurfördermittel; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="http://www.myintralogistik.de/zentrum-fuer-fahrerlose-transportsysteme.html">http://www.myintralogistik.de/zentrum-fuer-fahrerlose-transportsysteme.html</a> .....	A-4
---	-----

Abbildung 10: Fahrerlose Transportsysteme; Abrufdatum: 25.05.2018; <a href="https://de.framo-morat.com/branchen/lagertechnik-foerdertechnik/">https://de.framo-morat.com/branchen/lagertechnik-foerdertechnik/</a> .....	A-4
Abbildung 11: Bodenlagerung; Abrufdatum: 26.05.2018; <a href="http://www.logipedia.de/kategorie/b/">http://www.logipedia.de/kategorie/b/</a> .....	A-5
Abbildung 12: Blocklagerung und Zeilenlagerung; Abrufdatum: 26.05.2018; <a href="http://www.logipedia.de/kategorie/s/">http://www.logipedia.de/kategorie/s/</a> .....	A-5
Abbildung 13: Lagerlift; Abrufdatum: 12.06.2018; <a href="https://www.ssi-schaefer.com/de-at/produkte/kommissionieren/manuelles-kommissionieren/lagerlift-logimat---48396">https://www.ssi-schaefer.com/de-at/produkte/kommissionieren/manuelles-kommissionieren/lagerlift-logimat---48396</a> .....	A-6
Abbildung 14: Shuttle-Systeme; Abrufdatum: 12.06.2018; <a href="http://www.lagertechnik.com/info/knapp-ag-lagersysteme-intralogistik-lagerlogistik.html">http://www.lagertechnik.com/info/knapp-ag-lagersysteme-intralogistik-lagerlogistik.html</a> .....	A-6
Abbildung 15: Ablauf Bereitstellung Rohmaterial Bestand.....	A-7
Abbildung 16: Ablauf Bereitstellung Rohmaterial Neu .....	A-7
Abbildung 17: Ablauf Späneaufbereitung Bestand .....	A-8
Abbildung 18: Ablauf Späneaufbereitung Neu.....	A-8

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Personalkosten Transportaufwand.....	52
Tabelle 2: Anlagenkosten Transportsystem.....	52
Tabelle 3: Ist-Personalkosten und geschätzte Soll-Personalkosten.....	54
Tabelle 4: Einnahmen Späneverkauf GJ16/17 .....	55
Tabelle 5: Ist-Gewinn Öl-Rückgewinnung.....	55
Tabelle 6: Soll-Gewinn Öl-Rückgewinnung .....	56

# Abkürzungsverzeichnis

<b>GmbH</b>	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
<b>jun.</b>	Junior
<b>VDMA</b>	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
<b>ZVEI</b>	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie
<b>CPS</b>	cyber-physische Systeme
<b>CSR</b>	Corporate Social Responsibility
<b>FiFo</b>	First in, First out
<b>LiFo</b>	Last in, First out
<b>m</b>	Meter
<b>lfm</b>	Laufmeter
<b>SPS</b>	Speicherprogrammierbare Steuerung
<b>LVR</b>	Lagerverwaltungsrechner
<b>RFZ</b>	Regalfahrzeug
<b>IKT</b>	Informations- und Kommunikationstechnologien
<b>o.ä.</b>	oder ähnlich
<b>FTS</b>	Fahrerloses Transportsystem
<b>FTF</b>	Fahrerloses Transportfahrzeug
<b>AKL</b>	Automatisches Kleinteilelager
<b>Vgl.</b>	Vergleiche

# 1 Einleitung

In diesem einleitenden Kapitel werden nach einer kurzen Firmenvorstellung die Motivation und die Zielsetzung dieser Diplomarbeit aufgezeigt.

## 1.1 Firmenvorstellung

Die W&H Dentalwerk Bürmoos GmbH wurde im Jahr 1890 in Berlin von den beiden Feinmechanikern Jean Weber und Hugo Hampel gegründet. Mit den ersten in Europa produzierten und mechanisch betriebenen Hand- und Winkelstücken schreibt das Unternehmen Pioniergeschichte und erlangte als Teil der Degussa Gruppe von 1920 bis 1930 eine weltweite Bedeutung. Im Jahre 1944 übersiedelte W&H, dessen Bezeichnung sich aus den Anfangsbuchstaben der Nachnamen der Gründer zusammensetzt, von Berlin nach Bürmoos, wo DI Peter Malata sen. zwei Jahre später von den Alliierten als Verwalter des Unternehmens eingesetzt wurde. Seit 1958 ist das Unternehmen im Besitz der Familie Malata und wurde 1996 von DI Peter Malata jun. übernommen.

Am Hauptsitz in Bürmoos, Österreich, befinden sich zwei Produktionsstätten, die dritte Produktionsstätte in Brusaporto, Italien. Am Hauptsitz in Bürmoos sind ca. 600 Mitarbeiter tätig. Weitere Mitarbeiter sind in der dritten Produktionsstätte in Brusaporto, Italien sowie für die 18 Tochterunternehmen in Europa, Asien und Amerika tätig, weltweit beschäftigt die W&H Gruppe ca. 1000 Mitarbeiter.

Das international agierende Familienunternehmen zählt zu den führenden Herstellern von dentalen Präzisionsinstrumenten und –geräten für Zahnarztpraxen und Zahnkliniken sowie für Dentallabors und die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Mit einer Exportquote von 95% werden die Dentalmärkte von über 110 Ländern versorgt.

In den beiden Standorten in Bürmoos werden für den medizinischen Gebrauch Turbinen, Hand- & Winkelstücke, Kupplungen und Antriebe, Piezo Scaler und die dazugehörigen Spitzen sowie Instrumentenpflegesysteme gebaut. <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl.: (Presseteam W&H Dentalwerk Bürmoos GmbH, 2016)

## 1.2 Motivation

Die W&H Dentalwerk Bürmoos GmbH befindet sich derzeit in der Planung und Umsetzung eines Erweiterungsbaus am Standort Werk II in Bürmoos. Dieser Erweiterungsbau mit einem Ausmaß von über 15.000 m<sup>2</sup> schafft neben zusätzlichen Büroflächen vor allem Platz für die Produktionsfläche. Produktionsfläche bezeichnet die Fertigungs- sowie Montageflächen des Unternehmens. Flächenmäßig wird die Fertigung kaum erweitert, sondern es werden die Fertigungsflächen, welche sich durch die Aufstellung der Bearbeitungsmaschinen ergibt, des Werk I an den Standort Werk II gesiedelt. Durch die Zusammenlegung der Fertigungsflächen an einen Standort, soll sich der Prozessablauf verbessern. Die Montagebereiche des Unternehmens, welche sich bereits jetzt am Standort Werk II befinden, werden erweitert. Dies geschieht auf Grund des zu erwarteten neuen Produktsortiments, um weitere Flächen für die Montage der Produkte zur Verfügung zu stellen.

Im Zuge dieser Planung des Erweiterungsbaus bietet es sich an, bestehende Prozesse und Abläufe zu analysieren, zu hinterfragen und bestenfalls zu verbessern. Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit bezieht sich auf den Materialfluss der Roh- und Wertstoffe in der spanenden Fertigung. Als Rohstoffe werden dabei die Materialstangen, welche zur Fertigung der Produkt-Einzelteile in den Bearbeitungsmaschinen genutzt werden, bezeichnet. Bei der Bearbeitung dieser Materialstangen fallen Späne an, welche als Wertstoffe, auf Grund der Einnahmen durch den Wiederverkauf, bezeichnet werden.

## 1.3 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf die Darstellung von den Möglichkeiten der Automatisierung im Hinblick auf den internen Transport und die Lagerung.

Aus den Möglichkeiten der Automatisierung im Bereich Lager und Transport sollen die für die zwei Schwerpunkte geeigneten Varianten ermittelt und ein Konzept erstellt werden. Diese zwei Schwerpunkte enthalten den Transport und die Lagerung des Rohmaterials und den Transport der anfallenden Metallspäne. Ebenso wird für die Späneaufbereitung und Späneentsorgung ein Konzept erstellt.

Für die ausgewählten Transportlösungen des Rohmaterials und der Späne sowie für die Späneaufbereitung wird abschließend eine Kostenberechnung durchgeführt.



## 2 Grundlagen

Im Kapitel der Grundlagen werden zuerst die bisherigen Entwicklungsschritte der industriellen Revolution, genau genommen der Industrie 1.0 bis Industrie 3.0 aufgezeigt. Anschließend wird im Punkt 2.2. auf die derzeitige Industrie 4.0 eingegangen und die Herausforderungen, Chancen und Entwicklungen gezeigt.

### 2.1 Industrielle Revolutionen

Im Duden lautet die Definition für Revolution wie folgt:

*„auf radikale Veränderung der bestehenden politischen und gesellschaftlichen Verhältnisse ausgerichteter, gewaltsamer Umsturz[versuch]“*

oder

*„umwälzende, bisher Gültiges, Bestehendes o.Ä. verdrängende, grundlegende Neuerung, tief greifende Wandlung“<sup>2</sup>*

Eine Revolution, für welche zu Beginn immer eine Ursache, wie etwa Probleme innerhalb eines Staats hinsichtlich Unzufriedenheit in wirtschaftlicher und/oder politischer Lage, vorhanden sein muss, erfolgt immer unerwartet und abrupt. Die Menschengruppe, auch Trägerschicht genannt, welche von dieser ausschlaggebenden Veränderung profitieren oder nicht profitieren, ist klar benennbar. Bei einer Revolution kann gleichzeitig von einer Art Krise gesprochen werden, im Allgemeinen werden die negativen Effekte des aktuellen Systems dargestellt.

Die Reaktionen des alten Systems, welche als Folge daraus entstehen, werden oft als Gewalt beschrieben. Gewalt wird jedoch nicht als Kriterium der Revolution angeführt, da dies stark im politischen Zusammenhang steht.

---

<sup>2</sup> Vgl.: (Duden, 2018)

Ein sozialer, technischer, politischer sowie wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Umbruch, im Allgemeinen ein Strukturwandel, ist das Ergebnis einer Revolution. Eine übergeordnete Ideologie mit einem subjektiven Fortschrittsgedanken muss dadurch vorhanden sein.<sup>3</sup>

Der Wandel in der Industrie ist stetig und wird in jeder Branche immer schneller. Die Industrie befand sich in den letzten Jahren in einer spannenden Phase, welche mit einem strategischen und technologischen Umbruch zu vergleichen ist und eine neue Epoche einleitet. Der Begriff Industrie 4.0, welcher die 4. Revolution der industriellen Entwicklung bezeichnet, wurde von der Politik eingeführt.

Es bietet sich an, die einzelnen Entwicklungsstufen, welche vor Industrie 4.0 passierten, zur Vereinfachung in eine Reihenfolge zu setzen. Der industrielle Wandel lässt sich so in vier grobe Phasen unterteilen. Die Entwicklungsphasen, Weiterentwicklung sowie Fortschritte zu den jeweiligen Versionen werden nachfolgend erläutert.<sup>4</sup>

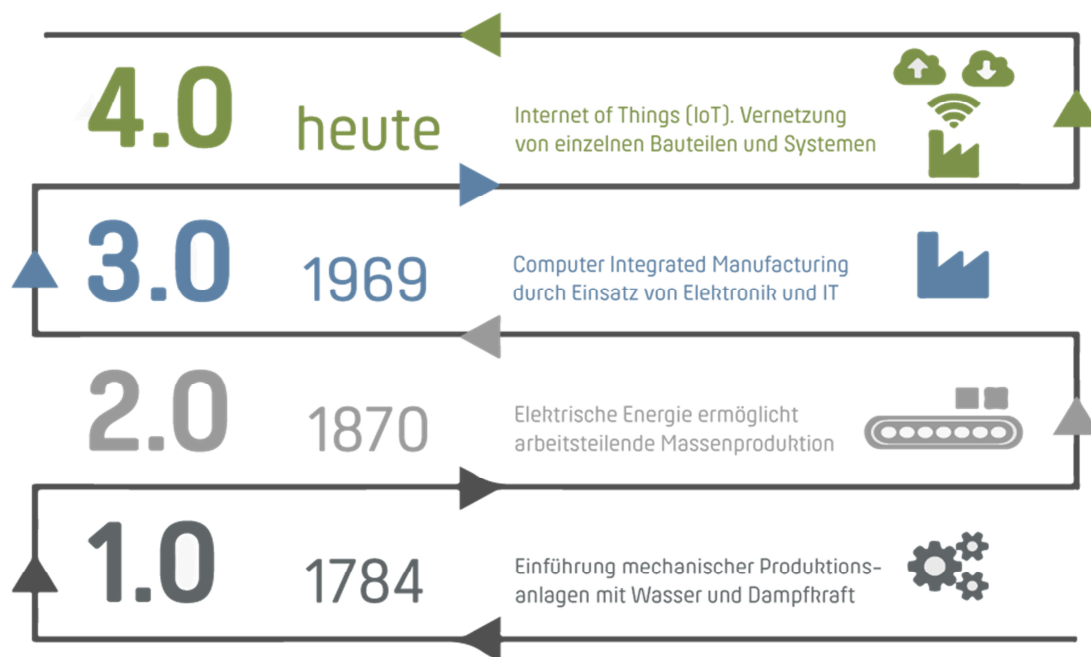


Abbildung 1: Industrielle Revolutionen

<https://ensego.de/blog/industrie-40-evolution-disruption-revolution/>

Abrufdatum: 20.04.2018

<sup>3</sup> Vgl.: (Andelfinger & Hänisch, 2017)

<sup>4</sup> Vgl.: (Frick, 2017)

### 2.1.1 Erste industrielle Revolution

Bis Mitte des 18. Jahrhunderts wurden Maschinen durch menschliche Kraft betrieben. Als Ausgangspunkt der ersten industriellen Revolution, welche Mitte bis Ende des 18. Jahrhunderts verortet werden kann, gilt die Einführung mechanischer Produktionsanlagen. Diese Anlagen wurden mit Hilfe von Wasser- und Dampfkraft betrieben, wie etwa der erste dampfbetriebene Webstuhl in England im Jahre 1784. Grundlegend dafür war die Erfindung der Dampfmaschine des Engländers Thomas Newcomen im Jahr 1712 und die durch James Watt folgenden Verbesserungen des Wirkungsgrades.<sup>5</sup>

Eine erste Industrialisierung in der Eisen- und Stahlindustrie sowie in der Textilindustrie wurde durch diese Mechanisierung der Arbeit angestoßen. Im traditionellen Handwerk stellte der Besitz und die Bedienung eine Einheit dar, durch die Industrialisierung war eine vermehrte Trennung von Besitz und Bedienung die Konsequenz. Denn die hohen Investitionskosten der Arbeitsmaschinen im Vergleich zu den bisher genutzten Werkzeugen, welche durch die Anschaffung und die Produktionskosten bedingt waren, konnten die einfachen Handwerker nicht aufbringen.

Die neuen mechanischen Produktionsanlagen ermöglichten eine enorm verbesserte Arbeitskraft, sodass selbstständige Handwerksbetriebe ohne maschinelle Ausstattung nur schwer Bestand hatten, was zu einem Verkauf der eigenen Arbeitskraft führte. Vormalig bestimmten die Menschen selbstständig über Arbeitsmittel, Arbeitszeit und Herstellarten sowie Preise, nun wurden sie vom Eigentümer zum Maschinenbediener und mussten sich den organisatorischen Vorgaben fügen. Diese Vorgaben sowie Strukturen und Führung koordinierten und sicherten die Unternehmer ab.<sup>6</sup>

Die Auswirkungen dieser ersten industriellen Revolution waren ein schlagartiges Wachstum der Bevölkerung. Zudem wurde die Kluft zwischen der Arbeiterschaft und den Kapitalisten immer größer. In der Gesellschaft ergab sich ein Wandel, indem Gewerkschaften eingeführt wurden. Eine Gewerbefreiheit wurde durchgesetzt und der Staat entwickelte sich zu einem Rechtsstaat, es kann von einem Übergang zur bürgerlichen Gesellschaft gesprochen werden.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> Vgl.: (Oberösterreichische Zukunftsakademie, 2014)

<sup>6</sup> Vgl.: (Schönfelder, 2017)

<sup>7</sup> Vgl.: (Andelfinger & Hänisch, 2017)

### 2.1.2 Zweite industrielle Revolution

Ende des 19. Jahrhunderts, gut ein Jahrhundert nach der ersten industriellen Revolution, kam es zur zweiten industriellen Revolution, welche durch die Einführung arbeitsteiliger Massenproduktion mit Hilfe von elektrischer Energie geprägt war. Verbunden wird diese mit den ersten Fließbändern in Schlachthöfen, welche erstmals 1870 in Cincinnati, im US-Bundesstaat Ohio, eingesetzt wurden.

Die Mechanisierung und die Massenproduktion wurden durch die Möglichkeiten der elektrischen Energie sowie die Fließ- und Förderbandtechnik weiter vorangetrieben und ausgeweitet. Dadurch wurde das Handwerk immer mehr von angelernten Arbeitern abgelöst. Für die monotone Fließbandarbeit war ein geringes Qualifikationsniveau ausreichend, wodurch der Arbeitsmarkt von einem Angebotsüberschuss charakterisiert war. Dies hatte niedrige Löhne für die Arbeiter zur Folge. Die neuen Möglichkeiten der Massenproduktion waren Ausgangspunkt für Unternehmen, die Arbeitsabläufe und Strukturen der Organisation zu überdenken und diese im Sinne der Produktivität zu optimieren.<sup>8</sup>

Diese neuen industriellen Organisationsformen werden als treibende Kräfte des wirtschaftlichen Aufschwungs und als wesentliche Meilensteine der zweiten industriellen Revolution gesehen. Vor allem der Fordismus, welcher auf Henry Ford, einen US-amerikanischen Industriellen zurückgeht, kann als solch neue Organisationsform genannt werden. Arbeit und Kapital, die beiden Maxime von Ford, haben die Grundlage für das Selbstverständnis einer auf wirtschaftlichen Profit ausgerichteten Leistungsgesellschaft geschaffen. Der Taylorismus, welches vom US-Amerikaner Frederick Winslow Taylor begründet wurde, beschreibt eine detaillierte Planung, Dokumentation und Steuerung von sämtlichen Arbeitsabläufen in einem Betrieb. Dieses Konzept, welches auch als Scientific Management bekannt ist, wurde zu Lebzeiten von Taylor heftig umstritten, kann allerdings heute als einer der ersten Vorläufer des modernen Projektmanagements gesehen werden.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Vgl.: (Schönfelder, 2017)

<sup>9</sup> Vgl.: (Fuchs, 2017)

Auch die Büroarbeitsplätze wurden im Bereich der Kommunikation in dieser Entwicklungsphase weiterentwickelt. Die Arbeitsprozesse wurden durch die Kommunikation mit Telefonaten und Telegrammen beschleunigt.

Zudem wurden auch erste Schritte in der Globalisierung getätigt. Der Verkehr entwickelte sich weiter indem erstmals über Kontinente transportiert wurde. Mit Schiffen konnten die Weltmeere schneller überquert werden und auch die Luftfahrt nahm ihren Betrieb auf.<sup>10</sup>

Nach der jahrzehntelangen Monopolstellung von Kohle als Energieträger, gewann Erdöl zunehmend an Bedeutung als Rohstoff für die Treibstoffproduktion für Verbrennungsmotoren.

Neben dem neuen Industriezweig der Elektrotechnik entwickelte sich auch der Industriezweig der Chemieindustrie stark weiter. Die Produktionszahlen stiegen ständig an, etwa durch den Stoff Anilin, der als Ausgangsstoff für die Herstellung von Farbstoffen und pharmazeutischen Produkten dient.<sup>11</sup>

Die pharmazeutische Industrie galt als besonders innovationsintensiv, es wurden immer mehr Forschungslabore und Forschungseinrichtungen in Universitäten eingeführt. Denn die wissenschaftliche Forschung und die industrielle Produktion wurden verbunden. In größeren Unternehmen wurden zudem auch eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilungen geschaffen, welche die Abhängigkeit gegenüber externer Innovationsschübe verringern sollten. Dies wurde durch eine gezielte angewandte Forschung gewährleistet.<sup>12</sup>

---

<sup>10</sup> Vgl.: (Frick, 2017)

<sup>11</sup> Vgl.: (Spektrum Akademischer Verlag, 1998)

<sup>12</sup> Vgl.: (Fuchs, 2017)

### 2.1.3 Dritte industrielle Revolution

Eine zunehmende Mechanisierung der Produktion beschreibt die erste und zweite industrielle Revolution. Die dritte industrielle Revolution steht für eine neue Dimension der Automatisierung der Produktion und ist Anfang der sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts zu verorten. Der Begriff der dritten industriellen Revolution wurde erst nach der Benennung der vierten industriellen Revolution durch die deutsche Innovative Industrie 4.0 definiert.

Die Automatisierung und Roboter veränderten das Gesicht der Industrie, es wurden immer mehr Arbeitsschritte von Robotern und Maschinen erledigt. Die Aufgaben der Mitarbeiter verlagerten sich mehr auf die Seite der Kontrollfunktion.

Vor allem durch den Einsatz von Elektronik sowie Informations- und Kommunikationstechnologien, abgekürzt IKT, zeichnet sich diese industrielle Revolution aus. IKT ermöglichen die Automatisierung und variantenreichere Serienproduktion. Die elektrischen, an- und abschaltbaren Anlagen und Maschinen wurden immer weiter programmiert. Zudem ging aus den mathematischen Fakultäten die Informatik hervor. Die Einführung von der ersten SPS, einer sogenannten speicherprogrammierbaren Steuerung, welche auf 1969 datiert ist, wird als Auslöser der dritten industriellen Revolution gesehen. Auch die Einführung der 3D-Drucktechnik, im Jahr 1983, kann als Beispiel für das enorme Potential der neuen Technologien genannt werden.<sup>13</sup>

Zudem setzte in dieser Zeit die Digitalisierung in der gesamten Wertschöpfungskette in der Industrie ein. Es wurden computergesteuerte Drehbänke und Fräsmaschinen, sogenannte CNC-Maschinen, in der Fertigung eingesetzt. Auch die computerunterstützte Zeichenerstellung und die spätere 3D-Modellierung sowie das computergestützte Modellieren in allen Fachdisziplinen von Ingenieuren verbreitete sich mehr. Diese Modelle, vor allem für Visualisierung und Simulation, wurden dafür genutzt, das Produktdesign und die Auslegung von Anlagen in der Prozessindustrie digital zu testen. Auf einen teuren Prototyp konnte somit verzichtet werden.

---

<sup>13</sup> Vgl.: (Schönfelder, 2017)

Der Einzug des Internet der Dinge wird in den USA erst als Umbruch und somit als dritte industrielle Revolution betrachtet, welche in Europa als vierte industrielle Revolution gesehen wird. Das Internet der Dinge bezeichnet die Vernetzung von Gegenständen mit dem Internet. Diese Gegenstände kommunizieren selbstständig über das Internet und erledigen dadurch für den Besitzer verschiedene Aufgaben. Dazu zählen die allgemeine Informationsversorgung, automatische Bestellungen sowie Warn- und Notfallfunktionen.<sup>14</sup>

In Deutschland wurde die dritte industrielle Revolution, welche durch Automatisierung und Roboterstraßen gekennzeichnet ist, zur großen Erfolgsphase der Industrie. Deutschland trieb zudem auch die Automatisierung der Fertigung weiter Richtung Optimum, währenddessen andere Industrienationen in Billiglohnländer abwanderten und sich überwiegend auf die Dienstleistungen konzentrierten.

In den USA waren vor allem die Informatik und der Computer die Treiber für Innovation. Und zwar vor allem mit Schwerpunkt Computertechnologie und nicht traditionell mit der Produkterzeugung. IBM Rechner brachten die Digitalisierung in die Unternehmen, die Computer wurden durch das Unternehmen Microsoft zu einer massenhaften Selbstverständlichkeit und auch das Internet kam aus den USA.

Man kann sagen, die Industrie teilte sich auf in eine mehr auf Hardware spezialisierte und in eine, die ihre Geschäftsmodelle mehr in Richtung Software ausgelegt hat, auf.

Deutschland entwickelte sich in der dritten industriellen Revolution zu einer führenden Stellung in zahlreichen Branchen der Fertigungs- und Prozessindustrie. Dabei ist vor allem auch der deutsche Weltkonzern Siemens hervorzuheben, welcher die speicherprogrammierbare Steuerung in der Welt durchgesetzt hat.

Die Wirtschaft in den USA kümmerte sich um die Revolution im IT-Bereich, welche durch Computer-Hard und –Software ausgelöst wurde.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Vgl.: (Lackes, Wirtschaftslexikon Gabler, 2018)

<sup>15</sup> Vgl.: (Sendler, 2016)

## 2.2 Industrie 4.0

Der Begriff der Industrie 4.0 wurde auf der Industriemesse in Hannover im Jahr 2011 das erste Mal von einem Arbeitskreis der deutschen Forschungsunion Wirtschaftswissenschaft in der Öffentlichkeit genannt.<sup>16</sup>

Die offizielle Definition von der Plattform Industrie 4.0, unter Leitung der drei Industrieverbände Bitkom, VDMA und ZVEI, für den Begriff Industrie 4.0 lautet wie folgt:

*„Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an den zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee, dem Auftrag über die Entwicklung und Fertigung, die Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen.“<sup>17</sup>*

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die vierte industrielle Revolution als eine neue Stufe der Organisation und der Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette gesehen werden kann und es sich um einen grundlegenden Wandel der industriellen Produktionsweise handelt. Die Wertschöpfungskette wird von der Idee bis zu den Produkten und den damit verbundenen Dienstleistungen gesehen.<sup>18</sup>

Unter dem Begriff Industrie 4.0 kann zudem ein Zukunftsprojekt verstanden werden, wobei sich dieses in zwei Entwicklungsrichtungen bewegt. Die erste Entwicklungsrichtung ist der gewaltige Bedarfszog. Durch geänderte Rahmenbedingungen wurde ein Änderungsbedarf induziert, welcher von allgemeinen gesellschaftlichen, ökonomischen und politischen Veränderungen ausgelöst wurde.

In diesem Zusammenhang können folgende Punkte genannt werden:

- Kurze Entwicklungszeiten  
Die Zeiten für Entwicklung und Innovation müssen verkürzt werden, denn für viele Unternehmen ist eine hohe Innovationsfähigkeit und die Dauer bis zur Produkteinführung, „Time-to-Market“, ein überlebenswichtiger Erfolgsfaktor.

---

<sup>16</sup> Vgl.: (Peyrl, 2014)

<sup>17</sup> Vgl.: (BITKOM e.V., VDMA e.V., ZVEI e.V., 2015)

<sup>18</sup> Vgl.: (Sendler, 2016)



- Individualisierung nach Nachfrage  
In den letzten Jahrzehnten wandelte sich der Verkäufermarkt zum Käufermarkt. Die Käufer legen die Bedingungen des Tausches fest, wodurch die Individualisierung der Produkte zunimmt. Im Extrem führt dies zu Individualprodukten, welche auch als „Losgröße 1“ bezeichnet werden.
- Flexibilität  
Vor allem in der Produktion ist eine größere und höhere Flexibilität in der Produktentstehung, auf Grund der neuen Rahmenbedingungen notwendig.
- Dezentralisierung  
Es werden organisatorische Hierarchien abgebaut, um schnellere Entscheidungswege zu gewährleisten, welche auf Grund der neuen Rahmenbedingungen benötigt werden.
- Ressourceneffizienz  
Die ökonomische und ökologische Effizienzsteigerung wurden zum Ziel gesetzt. Denn die zunehmende Knappheit von Ressourcen, die damit einhergehende Verteuerung dieser und der gesellschaftliche Wandel in Bezug auf ökologische Aspekte erfordern eine Fokussierung der Nachhaltigkeit im Industriebereich.

Der zweite Entwicklungsschritt ist geprägt von dem ungemeinen Technologiedruck, welcher in der Praxis der Industrie vorherrscht. Im privaten Bereich hat der Technologiedruck bereits den Alltag durchdrungen, etwa Smartphones, Apps oder 3D-Druck.

In der Industrie sind diese Ansätze folgende:

- Weiter steigende Mechanisierung und Automatisierung  
Technische Hilfsmittel, welche die körperlichen Arbeit unterstützen, werden zunehmend in den Arbeitsprozessen eingesetzt. Arbeitsschritte, welche operative, dispositive und analytische Komponenten beinhalten, werden durch automatisierte Lösungen übernommen.
- Miniaturisierung  
Vor allem in der Logistik und der Produktion bietet die Miniaturisierung von Komponenten neue Anwendungsfelder. Große Leistungsfähigkeiten können in wenigen Kubikzentimetern verbaut werden.

- Digitalisierung und Vernetzung

Die Fertigungsmittel und Fertigungshilfsmittel werden zunehmend digitalisiert, dadurch ergeben sich größere Sensordaten, welche für Steuerungs- und Analysezwecke zur Verfügung stehen. Durch die Vernetzung der technischen Komponenten entstehen digitale Prozesse, welche mit der Digitalisierung der Produkte und den Dienstleistungen zu einer vollständig digitalisierten Umgebung führen. Dadurch werden neue Technologien, wie Simulation, digitale Absicherung oder Virtual bzw. Augmented Reality weiter vorangetrieben.<sup>19</sup>

Die Vielzahl an Konzepten, welche zum Thema Industrie 4.0 laufen, können im Einzelfall nicht abgegrenzt werden. Die wesentlichen Bestandteile dieser Konzepte sind folgende:

- Smart Factory

Fertigungsbereiche werden vollständig mit Aktoren, Sensoren und autonomen Systemen ausgestattet. Die sich selbst steuernde Fabrik entsteht durch den Einsatz „intelligenter Technik“ verbunden mit ganzheitlich digitalisierten Produkt- und Fabrikmodellen und mit den eingesetzten, vielseitigen Techniken des Ubiquitous Computing.

Ubiquitous Computing bezeichnet die Allgegenwärtigkeit von Smart Devices, kleinster, drahtlos miteinander vernetzter Computer, welche in beliebige Alltagsgegenstände eingebaut werden können.<sup>20</sup>

- Cyber-physische Systeme

Ein cyber-physisches System, abgekürzt als CPS, kann als Weiterentwicklung der Mechatronik zu einem symbiotischen Systemansatz, welcher auf Basis von informationstechnischer Vernetzung aller Komponenten beruht, gesehen werden. Es repräsentiert die angestrebte Einheit von Realität und digitalem Abbild.

Die Aufgaben solcher cyber-physischen Systeme sind das Erfassen von Daten mittels Sensoren und das Einwirken auf Vorgänge mit Aktoren. Die erfassten Daten werden ausgewertet sowie gespeichert und interagieren in der realen, als auch in der digitalen Welt. Die CPS sind untereinander bzw. global über digitale Kommunikationseinrichtungen verbunden und nutzen Daten und Dienste, welche weltweit verfügbar sind. Zudem verfügen sie über eine Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine.<sup>21</sup>

---

<sup>19</sup> Vgl.: (Lasi, Fettke, Feld, & Hoffmann, 2014)

<sup>20</sup> Vgl.: (Lackes, 2018)

<sup>21</sup> Vgl.: (Drossel, Ihlenfeldt, Langer, & Dumitrescu, 2018)

- Selbstorganisation  
In der Fertigung kommt es zu einer Auflösung von klassischen Produktionshierarchien, bedingt durch die Entwicklung von dezentralen Fertigungssystemen. Dadurch wird auch die Selbstorganisation dezentral.
- Neue Systeme in Vertrieb und Beschaffung sowie in der Produktions- und Service-Entwicklung  
Diese Bereiche werden immer mehr individualisiert. Die Prozesse werden über verschiedene Kanäle abgewickelt.  
Eine wichtige Rolle in der Entwicklung sind Ansätze der offenen Innovation und der Produktintelligenz sowie das Gedächtnis der Produkte.<sup>22</sup>
- Corporate Social Responsibility  
Corporate Social Responsibility, kurz CSR, ist die gesellschaftliche Verantwortung eines Unternehmens. Dieses Konzept liefert Unternehmen eine Grundlage, die sozialen und Umwelt-Belange in der Unternehmenstätigkeit sowie in Wechselbeziehungen mit den Interessensgruppen auf freiwilliger Basis zu integrieren.  
Der Nutzen dieses Konzeptes für Unternehmen ist, die nachhaltige Entwicklung im operativen Geschehen umzusetzen und im Management das soziale Engagement für Mitarbeiter, lokale Gemeinschaft sowie Umwelt zu integrieren und weiterzuentwickeln. Das Risiko kann minimiert, die Reputation des Unternehmens erhalten und ausgebaut werden und somit die langfristige Lebensfähigkeit abgesichert werden.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> Vgl.: (Lasi, Fettke, Feld, & Hoffmann, 2014)

<sup>23</sup> Vgl.: (Wirtschaftskammer Österreich, 2015)

## 2.3 Ausblick nach Industrie 4.0

Für Kevin Kelly, einen amerikanischen Schriftsteller, ist die Zukunft gekennzeichnet durch ein sich ständig wandelndes Internet und eine technologische Umgebung, welche sich ständig entwickelt.

Vorreiter in diesen Entwicklungen sind vor allem amerikanische Unternehmen, welche im Silicon Valley angesiedelt sind. Die Welt orientiert sich an Unternehmen wie Google, Facebook, Amazon und Apple, diese scheinen den Takt in der Entwicklung vorzugeben.

Die technologische Umgebung ist geprägt von einer künstlichen Intelligenz. Jeder denkbare Prozess und jedes Produkt kann angereichert mit einer künstlichen Intelligenz eine neue Qualität dafür entstehen lassen. Prozesse, Produkte und Dienstleistungen sind nicht mehr statisch, sondern begleiten den Menschen fließend und angepasst an die jeweilige Situation, durch den Alltag.

Da es naheliegend ist, dass sich die künstliche Intelligenz über dem Menschen hinaus, an ihm vorbei entwickeln könnte und dadurch diese außer Kontrolle geraten könnte, wird bereits darüber nachgedacht, einen Not-Aus-Schalter für Systeme mit künstlicher Intelligenz zu entwickeln.

Auch Bildschirme, ob physisch, als virtuelle Realität oder Augmented Reality im Sichtfeld eingeblendet, werden allgegenwärtig werden.

Die Sprachsteuerung als Interaktion mit der Technologie ist bereits heute im Alltag integriert. Zudem werden Gestensteuerung und die Steuerung von Technologie durch reine Gedankenleistung zur Normalität werden. Dadurch ergibt sich auch ein weitgehend permanentes Tracken, ein Aufzeichnen der Tätigkeiten und was herum passiert, von allem und jedem.

Das gesamte Wissen der Menschheit kann heutzutage auf einen Knopfdruck abgerufen werden, wobei sich die Überprüfung auf den Wahrheitsgehalt immer schwieriger gestaltet. Zukünftig sollen zuverlässige Technologien diese Überprüfung für uns übernehmen. Doch dabei muss hinterfragt werden, wer diese Technologie programmiert und erstellt hat, wie sie programmiert ist und wie der Algorithmus aufgebaut ist, durch den die Fragen beantwortet werden.

Der Einsatz von Robotern in der Industrie wird immer mehr, weshalb bereits im europäischen Parlament darüber diskutiert wird, ob Roboter künftig wie elektronische Personen behandelt werden sollen. Durch die Einführung von Roboter-Steuern würde die Wertschöpfung dort besteuert, wo sie entsteht.

Ein Umdenken muss in der IT-Sicherheit passieren. Denn durch die stark vernetzte IT-Infrastruktur in der Produktion, wird dies anfällig für Angriffe. Diese können fatale Folgen für die Unternehmen haben, denn bei durch falsche Daten oder Algorithmen zerstörten Produktionsanlagen kann der Schaden nicht mehr rückgängig gemacht werden. Die Daten aus einem Back-up wiederherzustellen, wie die Sicherheitsansätze derzeit sind, ist nicht mehr möglich.

Die Entwicklung nach Industrie 4.0 bietet große Chancen für Unternehmen. Durch intelligente Kombination von Maschinen und Algorithmen kann die Produktion flexibel und effizient gestaltet werden. Dadurch wird auch das Auslagern der Fertigung in Niedriglohnländer weniger attraktiv und lohnt sich nicht mehr.

Wenn es gelingt, menschliche und technische Möglichkeiten optimal zu kombinieren, kann für Alle Gutes entstehen.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Vgl.: (Andelfinger & Hänisch, 2017)

## 2.4 Automatisierung

### 2.4.1 Innerbetrieblicher Materialfluss

Die Definition des Begriffs Materialfluss lautet nach der VDI wie folgt:

*„Materialfluss ist die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie bei der Verteilung von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche. Zum Materialfluss gehören alle Formen des Durchlaufs von Arbeitsgegenständen (z.B. Stoffe, Teile, Datenträger) durch ein System. Man unterscheidet: Bearbeiten, Prüfen, Handhaben, Fördern, Aufenthalt und Lagern.“<sup>25</sup>*

Zum innerbetrieblichen Materialfluss-System gehören die Transport-, Handhabungs- und Lagersysteme. Das System übernimmt durch das Transportieren, Umschlagen, Lagern und Kommissionieren die Ver- und Entsorgung der Produktion. Das Materialfluss-System beinhaltet den Werkstückfluss, den Werkzeugfluss und den Fluss von Hilfsstoffen, Spänen und Abfall.<sup>26</sup>

Die vierte industrielle Revolution bietet viele technische Möglichkeiten, vor allem durch den Einzug des Internets der Dinge und Dienste werden sich die Produktions- und Logistikprozesse verändern.

Maschinen, Lagersysteme, Produkte und Betriebsmittel werden zu cyber-physischen Systemen vernetzt. Durch den eigenständigen Austausch von Informationen, das Auslösen von Aktionen und das gegenseitig selbstständige Steuern entwickelt sich eine neue Produktionslogistik für die Smart Factory der Zukunft.

Um die Visionen umzusetzen, werden mittel- und langfristige Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten benötigt. Der Arbeitskreis Industrie 4.0 fasst diese in unterschiedliche Handlungsfelder, welche z.B. die Themenstellungen Standardisierung, Beherrschung komplexer Systeme, Sicherheit und Ressourceneffizienz beinhalten, zusammen. Daraus ergeben sich für die Antriebs- und Automatisierungslösungen konkrete Aufgaben, welche als Steuerungen und Aktoren einen wesentlichen Baustein der cyber-physischen Systeme bilden.

---

<sup>25</sup> Vgl.: (Verein Deutscher Ingenieure, 2010)

<sup>26</sup> Vgl.: (Materialflusslogistik, 2016)

Durch die Globalisierung des Handels und die Zunahme des E-Commerce steigt der Bedarf an effizienten und effektiven Logistikprozessen. Teil- und vollautomatisierte Lager- und Verteilsysteme werden zunehmen, um einen reibungslosen Warenfluss zu gewährleisten. Neben Heizung und Licht werden vor allem fördertechnische Anwendungen, welche elektrische Antriebe bewegen, einen erhöhten Energieverbrauch verursachen. Man rechnet damit, dass bis zu 50 % der gesamten Energiekosten in hochautomatisierten Warenlagern durch Förderantriebe verursacht werden. Durch die Infragestellung von bisher gängigen Antriebslösungen und den Einsatz von energieeffizienten elektrischen Antrieben könnte Energie eingespart werden. Die Anforderungen an die Energieeffizienz wurden zudem bereits durch Richtlinien verschärft.

Die Ansätze für neue Lösungen zur Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz und Reduzierung der Komplexität orientieren sich an spezifischen Anforderungen der Intralogistik. Nicht nur die Optimierung des Einsatzes von Energie-, Roh- und Betriebsstoffen, sondern auch die Reduktion der finanziellen Ressourcen und der Bedarf an humanen Ressourcen werden bei der Ressourceneffizienz berücksichtigt.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> (Stichweh, 2016)

## 2.4.2 Innerbetrieblicher Transport

Der innerbetriebliche Transport bedient die Wege der Ware innerhalb des Unternehmens. Dabei ist die Art der Beförderung vor allem von der Ware sowie deren Menge, der zurückzulegenden Strecke abhängig.

Diese Strecke ergibt sich meist vom Wareneingang, von welchem die Güter meist in ein Rohstofflager transportiert und dort eingelagert werden. Von diesem aus werden die Güter über den Fertigungsbereich weiter in ein Zwischenlager gebracht. Nach der Endmontage wird die Ware in ein Fertiglager oder in die Kommissionierzone transportiert.

Zudem sind auch die Anforderungen maßgeblich für den Transport. Diese sind vor allem die optimale Nutzung des Transportsystems. Durch geringe Leerwege und niedrige Transportzeiten sollen die Transportkosten minimal gehalten werden. Das eingesetzte Transportsystem soll flexibel sein und die Umweltbelastungen so gering wie möglich.<sup>28</sup>

### 2.4.2.1 Fördermittel

Für den innerbetrieblichen Transport können Stetigförderer, Unstetigförderer oder auch fahrerlose Transportsysteme eingesetzt werden.

#### Stetigförderer

Als Beispiele für Stetigförderer können unter anderem Rollenförderbänder mit Behältern, Rutschen, Förderbänder und Kreisförderer genannt werden. Diese arbeiten ununterbrochen über einen längeren Zeitraum, der Antrieb ist für einen Dauerbetrieb ausgelegt und erzeugt dadurch einen kontinuierlichen Transportgutstrom. Durch nur einen eingesetzten Antrieb ist der Energiebedarf gering, trotzdem ist eine große Betriebssicherheit gewährleistet und die Bauweise ist einfach.

Der Stetigförderer kann mit dem Transportgut während des Betriebs be- und entladen werden, dies ist meist an allen Stellen der Strecke möglich.

Relativ viel Bodenfläche wird von flurgebundenen Stetigförderern benötigt, da diese einen festgelegten Transportweg haben. Das Gut wird waagrecht, geneigt und senkrecht transportiert. Alternativ kann ein flurfreier Stetigförderer eingesetzt werden, dieser ist in der Regel schienengeführt.

---

<sup>28</sup> Vgl.: (Ertl & Salletmayer, 2014)



Für den Transportvorgang ist kein Bedienpersonal notwendig, wodurch Stetigförderer leicht automatisiert werden können. Auch für Automatisierungsprozesse im Lager und in der Fertigung können Stetigförderer eingesetzt werden, durch kontinuierliche oder veränderliche Geschwindigkeiten und durch Takten mittels der Steuereinrichtung. Lediglich die Erweiterung der Leistungsfähigkeit, die Anpassung an Einrichtungsumstellungen oder Aufgabenänderungen sind schwierig. Um für Kapazitäts- und Anlagenerweiterungen gerüstet zu sein, können Baukastensysteme eingesetzt werden.

Dieses Transportsystem kann gut einem Produktionsvorgang, etwa Erwärmen, Kühlen, Befeuchten, Sortieren, Montieren oder Mischen, unterworfen werden.

Einsatz finden Stetigförderer bei kleinsten bis größten Massenströmen von Stückgut und/oder Schüttgut. Es können kurze, mittlere aber auch große Entfernungen bei einem festgelegten Transportweg zurückgelegt werden.<sup>29</sup>

### **Unstetigförderer**

Mit Unstetigförderern werden Stückgüter oder Schüttgüter diskontinuierlich von einer Aufgabestelle zu einer Abgabestelle transportiert. Der Arbeitsablauf ist durch häufige Arbeitspiele und den Wechsel von Lastfahrten und Leerfahrten sowie durch Stillzeiten beim Be- und Entladen und die Anschlussfahrten gekennzeichnet.

Antriebe für dieses Transportsystem sind für den Aussetzbetrieb oder den Kurzzeitbetrieb ausgelegt. Meist sind separate Antriebe für die verschiedenen Bewegungen, wie Fahren, Heben oder Lastübernehmen, eingesetzt.

Nur an bestimmten Stellen kann mit Hilfe eines Lastaufnahmemittels das Gut aufgenommen und abgegeben werden. Dabei geschieht das beladen und entladen im Sillstand. Bedient werden diese Transportsysteme meist manuell, dadurch ergeben sich hohe Betriebskosten. Eine Automatisierung des Systems ist nur mit größerem Aufwand gegenüber den Stetigförderern möglich.

Zur Ausführung können sowohl flurgebundene als auch flurfreie, sowie auch schienengebundene oder schienenfreie Unstetigförderer kommen.

Unstetigförderer zeichnen sich vor allem durch ihre hohe Einsatzflexibilität aus. Diese wird bei der Änderung der Transportaufgabe oder des Einrichtungslayouts und der Leistungserhöhung benötigt. Einsatz findet dieses Transportsystem in allen Bereichen eines Unternehmens.

Nachfolgend werden die verschiedenen Unstetigförderer aufgezeigt.

---

<sup>29</sup> Vgl.: (Martin, Stetigförderer, 2011)

Zur Gruppe der Unstetigförderer zählen ortsfeste Hebezeuge wie Serienhebezeuge, Vertikalförderer, Hubtische und Hebebühnen sowie Lastaufzüge ausgeführt als Seil-, Hydraulik- oder Schrägaufzug.

Krane werden in zwei Untergruppen unterteilt. Zum einen in schienengebundene Krane, zu denen etwa Brücken-, Hänge- und Stapelkrane sowie auch Dreh- und Turmdrehkrane zählen. Als schienenfreie Krane werden Fahrzeugkrane und Schwimmkrane bezeichnet, Protalkrane können sowohl schienengebunden als auch schienenfrei ausgeführt werden.

Wie auch Krane werden Flurfördermittel schienengebunden und schienenfrei ausgeführt. Schienengebundene Flurfördermittel werden auch als Schienenfahrzeuge bezeichnet. Dazu zählen Gleiswagen, Regalbediengeräte mit und ohne Umsetzer sowie kurvengängige Verschiebewagen und Verschiebehubwagen. Handfahrzeuge und verschiedene Motorfahrzeuge wie Schlepper, Wagen und Stapler, sowie Automatik- und Luftkissenfahrzeuge zählen zu den schienenfreien Flurfördermitteln, welche auch als Flurförderzeuge bezeichnet werden.

Auch schienengebundene Hängebahnen, zu welchen Elektrohängebahnen, Kleinbehältertransportanlagen, Trolleybahnen und Gehänge-Rohrbahnen zählen, werden in die Gruppe der Unstetigförderer eingeordnet.<sup>30</sup>

#### **2.4.2.2 Automatisierte Fördermittel / Fahrerlose Flurfördermittel**

Der Großteil der Betriebskosten von Flurförderzeugen ergibt sich aus den Personalkosten, bei einem Stapler betragen diese z.B. ca. 75 % der Betriebskosten. Der Fahrer eines solchen Flurfördermittels könnte durch den automatisierten Betrieb entfallen. Eine Automatisierung durch ein fahrerloses Transportsystem, kurz FTS, kann verwirklicht werden, wenn in einem Unternehmen an verschiedenen Stellen regelmäßig oder unregelmäßig zu transportierendes Gut anfällt. FTS-Anlagen übernehmen Transportaufgaben und verknüpfen verschiedene Bereiche eines Unternehmens, erfüllen Aufgaben im Lager und in der Kommissionierung.

Das FTS ist mit FTF, also Fahrerlosen Transportfahrzeugen ausgestattet, die im innerbetrieblichen Materialfluss den automatischen Transport übernehmen. Diese Fahrzeuge können als Schlepper und Unterfahrschlepper, als Stapler, als Gabel-Niederhubwagen oder Wagen als Trägerfahrzeug ausgeführt werden. Die Vorteile solcher Fahrzeuge sind die flexible Fahrkursführung und die einfache Erhöhung der Transportkapazität, der freibleibende Transportweg und die freie Zugänglichkeit zu den Maschinen. Der Materialfluss kann automatisiert werden und die Arbeitsbedingungen werden verbessert.

---

<sup>30</sup> Vgl.: (Martin, Unstetigförderer, 2011)

Für die Arbeitnehmer/-Innensicherheit bleiben die Fluchtwege bestehen und ein Notbetrieb kann einfach passieren. FTF lassen sich auch im Bestand gut ermöglichen.

FTF unterscheiden sich in drei Montagevarianten:

Ein Taxisystem bringt und holt Material an Montagearbeitsplätzen, der Arbeitsplatz wird ohne Wartezeit wieder verlassen, wodurch eine hohe Auslastung möglich ist.

Als Arbeitsplatz dienen FTF bei dem System „Mobile Werkbank“. Es dient als Werkstückträger und ist als Montagevorrichtung ausgestattet. Durch die lange Bindung an einen stationären Platz ist nur eine geringe Auslastung möglich.

Bei Mitfahrssystemen besitzt das FTF eine Mitfahrplattform.

Die Streckenführung eines FTF verbindet im innerbetrieblichen Transport die Be- und Entladestation. Die Führungstechniken werden in die Zwangsführung und die Zwangslenkung unterschieden.

Bei der mechanischen Zwangsführung erfolgt die Führung durch Nuten oder Schienen, welche im Boden angebracht sind.

Bei der induktiven passiven Zwangslenkung wird am Boden ein Metallband aufgeklebt, die Fahrzeugsensoren erkennen Magnetfeldänderungen, die durch das Metallband bedingt sind, und orientieren sich an diesen.

Für die induktive aktive Zwangslenkung wird in den Boden ein Leitdraht in geschlossenen Schleifen verlegt. Im Leitdraht wird durch einen Frequenzgenerator ein Wechselstrom mit bestimmter Frequenz erzeugt, wodurch ein konzentrisches, elektromagnetisches Wechselfeld hervorgerufen wird. Dieser Wechselstrom induziert in den zwei Suchspulen des Tastkopfes des FTF eine Spannung, wodurch die Richtung vorgegeben wird.

Eine aufgemalte Fahrspur, Strichmarkierungen oder reflektierende Bänder werden bei der optischen Zwangslenkung benötigt. Mit Kameras oder Bildverarbeitungssystemen verfolgt das FTF die Markierung.

Als drahtlose Zwangslenkung kann eine Lasernavigation dienen. Diese schränkt die Flexibilität weniger ein. Bei Lasernavigation mit aktiver Erkennung sucht sich das FTF den Weg selbstständig, mit passiver Erkennung wird der Weg von einer Nullstelle aus vorgegeben. Die Lenkung erfolgt durch feste Merkmale in der Umgebung, welche von der Lasereinheit erfasst und deren genaue Position und Richtung im Raum ermittelt wird. Als feste Merkmale können Reflexstreifen verwendet werden, wobei drei bis vier Merkmale für eine genaue Positionsbestimmung ausreichend sind.

Zu einem Fahrkurs eines FTF gehören Bereiche, denen gewisse Aufgaben zugeteilt werden. Dazu zählen zum Beispiel Batterie-Ladestationen, Blockstrecken sowie Weichen und Kreuzungen. An Bahnhöfen wird das zu transportierende Gut von unbeschäftigten FTF aufgenommen. Auch Übergabestationen und Arbeitsstationen, Aufzüge zum Überwinden von Höhenunterschieden sowie Tordurchfahrten liegen am Fahrkurs.

Bodenmagnete, Transponder, Radar und Kameras als optische Objekterkennung dienen dazu, Türen zu öffnen und zu schließen, um die verschiedenen Bereiche am Fahrkurs zu markieren und auch um die Strecke und Weichen zu erkennen.

Um Kollisionen mit anderen FTF auf einer Strecke zu vermeiden, wird der Fahrkurs in Blockstrecken unterteilt. In diese Blockstrecke kann ein FTF immer nur dann einfahren, wenn sich darin kein Zweites befindet.

Bei Lastübergabestationen mit lastziehenden FTF erfolgt die Lastaufnahme bzw. Lastübernahme bei Anhängeschleppern mittels Kupplungen, bei Unterfahrschleppern mittels Verriegelung. Die Übergabe bei lasttragenden FTF erfolgt z.B. mit Hilfe von Staplern über Gabeln direkt vom Boden oder einer bestimmten Übergabehöhe.

Werden Trägerfahrzeuge eingesetzt, ist die Lastübergabe dem Lastaufnahmemittel, der Art des Übernahmemittels und der Ladeeinheit sowie den spezifischen Restriktionen angepasst. Daraus ergeben sich drei Varianten:

- FTF aktiv und Übernahmestation passiv, z.B. Hubtisch und statische Vorrichtung
- FTF passiv und Übernahmestation aktiv, z.B. Teleskopgabel und Plattform
- FTF und Übernahmestation aktiv, z.B. angetriebene Rollenförderer

Die einzelnen fahrerlosen Transportfahrzeuge kommunizieren per Datenfunk mit dem Leitstand. Es meldet sich vor Weichen, Übergabestationen und Kreuzungen und wird zentral geleitet. Das Fahren und Lenken wird selbstständig ausgeführt, welche Tätigkeiten auszuführen sind erhält das FTF vom Leitstand. Bei zentralen Steuerungen werden die entscheidenden Merkmale im Leitstand zusammengefasst. Diese sind die Verkehrsregelung, die Steuerung der Be- und Entladung der FTF über das Transportmittel und die Einsatzsteuerung zur Abwicklung der Transportaufträge.

Anlagen mit fahrerlosen Transportfahrzeugen visualisieren den Fahrkurs meist als Modell über ein Fahrkurstableau. Dieses kann zur Disposition und Kontrolle von Transportabläufen verwendet werden, da die dynamische Statusangabe die einzelnen Bereiche anzeigt und Auskunft über die Verfügbarkeit einzelner FTF geben kann.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Vgl.: (Unstetigförderer, 2011)

### 2.4.3 Lagerhaltung

Da in Industrie- und Handelsbetrieben ständig unterschiedliche Mengen an Rohstoffen und Endprodukten vorhanden sind, kann kein Betrieb ohne ein Lager auskommen. Vor allem hat ein Lager eine Sicherungsaufgabe, welches die Unternehmen vor Engpässen absichern soll und die Produktions- sowie Lieferverzögerungen ausgleicht. Zudem soll ein Lager als Überbrückung bei unterschiedlichen Herstellungs- und Verwendungszeiten dienen, sodass Zeiträume ohne Warenanlieferung ausgeglichen werden können.

#### 2.4.3.1 Grundsätze der Lagerhaltung

Einer der wichtigsten Grundsätze der Lagerhaltung ist die Sauberkeit in den Bereichen der Arbeitsräume, Lagereinrichtungen, Transportwege, Werkzeuge, Ware sowie Mitarbeiterbereich und Transportmittel. Dadurch kann die Verletzungs- und Unfallgefahr reduziert und verhindert werden, die Lebensdauer von Maschinen und Geräten kann verbessert werden, die Arbeitsbedingungen für die Arbeitnehmer werden angenehmer und der Betrieb hinterlässt bei Kunden einen guten Eindruck.

Je geräumiger das Lager gestaltet wird, desto effektiver kann gearbeitet werden. Fördermittel können eingesetzt werden und ein zeitaufwändiges Umschichten sowie Suchen entfallen. Ebenso vermindern breite Fahr- und Gehbereiche die Unfallgefahr.

Als dritter Grundsatz der Lagerhaltung kann die sachgerechte Lagerung genannt werden. Denn die Eigenschaften der jeweiligen Waren müssen bei der Lagerung berücksichtigt werden. Es ist hilfreich, technische Hilfsmittel für die sachgerechte Einlagerung zu verwenden, wie zum Beispiel Regalsysteme.<sup>32</sup>

#### 2.4.3.2 Lagerarten

In Industriebetrieben, welche hauptsächlich Güter herstellen, werden die Lager, in denen die benötigten Stoffe für die Betriebsprozesse wie folgt unterteilt:

- Rohstofflager  
Lagerung der Rohstoffe für die Produktion

---

<sup>32</sup> Vgl.: (Ertl & Salletmayer, 2014)

- Hilfsstofflager  
Stoffe die zusätzlich für die Prozesse in der Produktion notwendig sind
- Betriebsstofflager  
Lagerung der Stoffe, welche benötigt werden, um die Produktionsmaschinen zu betreiben
- Fertigwarenlager  
Die fertigen Produkte werden bis zum Zeitpunkt des Verkaufs gelagert
- Zwischenlager  
Während der einzelnen Fertigungsstufen werden hier die Produkte gelagert

Diese Lager können stofforientiert oder verbrauchsorientiert organisiert werden. Bei der stofforientierten Lagerung werden gleichartige Güter nebeneinander platziert, sodass ein systematisches Arbeiten ermöglicht wird. Das Ziel der verbrauchsorientierten Lagerung ist, die Produkte so zu platzieren, dass der Beschäftigte den möglichst kürzesten Weg zu den benötigten Gütern zurücklegen muss. Zudem sind zusätzliche Sonderlager, z.B. für Ersatzteile, Werkzeuge oder Büromaterial möglich.<sup>33</sup>

Die Lagerarten können zudem noch nach dem Standort unterschieden werden:

- Zentrallager  
Darunter versteht man, dass von einem zentralen Lager des Unternehmens aus alle Kunden beliefert werden. Ein Vorteil bei diesem Lagerkonzept ist, dass nur ein Lager erbaut bzw. erworben werden muss. Daher fallen auch die Kosten für die technische Ausstattung meist nur einmal an. Da nur ein Lager vorhanden ist, wird auch der Steuerungsaufwand minimiert und das eingesetzte Personal ist überschaubar. Ein weiterer Vorteil ist die hohe Verfügbarkeit der Güter und Waren, da alle Waren des Sortiments in einem Zentrallager vorhanden sind. Man kann sich daher sicher sein, dass jede Ware im Zentrallager zu finden ist.  
Vor allem bei wenig Großkunden, welche im Idealfall regional konzentriert sind, bietet sich das Zentrallager als Lösung an, denn sonst können als Nachteile die höheren Transportkosten sowie die längeren Transportwege und Transportzeiten genannt werden.

---

<sup>33</sup> Vgl.: (Ertl & Salletmayer, 2014)

- Dezentrales Lager

Das Lagerkonzept des dezentralen Lagers bietet sich an, wenn die Kundenstruktur aus vielen kleinen und regional verstreuten Kunden besteht. Durch die Lagerung nahe am Kunden, werden die Lieferzeiten und Transportwege verkürzt. Nachteile dieses Lagerkonzeptes sind allerdings die hohen Investitions- und Fixkosten für verschiedene Lager, welche ausgestattet und betrieben werden müssen. Zudem kann die Verfügbarkeit der Produkte, etwa durch das Risiko der Fehlallokation, sinken.<sup>34</sup>

### 2.4.3.3 Lagertypen

Die Lagertypen werden grundsätzlich unterteilt in die Bodenlagerung und in die Regallagerung.

#### **Bodenlagerung**

Die Bodenlagerung, also die Lagerung ohne Lagereinrichtung ist die einfachste Form. Die Güter und Waren werden verpackt oder unverpackt direkt auf dem Untergrund des Gebäudes oder im Freien gelagert oder teilweise übereinander gestapelt. Unterschieden wird bei der Bodenlagerung nochmals in die Blocklagerung und die Reihen- bzw. Zeilenlagerung. Bei der Blocklagerung ist ein einzelner Zugriff auf ein mittig gelagertes Gut nicht möglich, bei der Reihen- bzw. Zeilenlagerung wird eine Gasse gebildet, um auch auf die mittig angeordneten Güter einen Zugriff zu gewährleisten.

Die Vorteile der Bodenlagerung sind die geringen Investitionskosten sowie eine hohe Flexibilität. Dazu kommen die geringe Störanfälligkeit und der geringe Personalbedarf. Als Nachteile können die mangelnde Transparenz, eine erschwerte Warenentnahme sowie erschwerte Bestandskontrollen und eine geringe Automatisierungsmöglichkeit genannt werden.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> Vgl.: (Vehlow, 2018)

<sup>35</sup> Vgl.: (Wannenwetsch, 2014)

## Regallagerung

Vor allem die Optimierung der Flächennutzung und Einbeziehung der Höhe stehen bei der Entscheidung für eine Regallagerung im Vordergrund. Die einzulagernden Güter werden bei der Nutzung von Regalen in ein separates Fach oder an einem spezifizierten Ort des Lagergestells platziert. Dadurch können auch nicht stapelfähige Güter effizient gelagert werden. Die Höhen der Regale werden von der eingesetzten Bedientechnik bestimmt, bei manueller Bedienung entspricht diese 2 m, werden Regalbediengeräte eingesetzt, ist eine Höhe von bis zu 55 m möglich.

Die Regallagerung wird in statische und dynamische Lagerung unterschieden.

### Statische Regallagerung

Zu der statischen Regallagerung zählen die Blocklagerung und die Zeilenregallagerung.

- Blocklagerung

Bei der Blocklagerung, auch Kompaktlagerung genannt, werden die Regale als Einfahrregale oder als Durchfahrregale ausgeführt. Zudem gibt es auch die Möglichkeit, Lager mit Kanal und Verteilfahrzeugen auszustatten.

Das Merkmal dieser Lagerung ist der fehlende Zugriff auf die einzelnen Lagereinheiten, jedoch ermöglicht sie eine hohe Raumnutzung.

- Einfahrregale und Durchfahrregale

Ein- und Durchfahrregale bestehen aus mehreren Kanälen, die Höhe und Tiefe dieser richtet sich nach den Ladeeinheiten. Üblich ist eine Kanaltiefe von bis zu 15 m und eine Höhe von bis zu 8 m. Eingelagert werden in solchen Regalen im Allgemeinen Massengüter in der gleichen Art und Beschaffenheit, welche eine hohe Umschlagshäufigkeit aufweisen. Lagergüter sind dabei Paletten und Gitterboxen. Die einzelnen Fächer können dabei mit bis zu 1.000 kg belastet werden.

Bei den Einfahrregalen erfolgt die Ein- und Auslagerung von einer Seite, dadurch ergibt sich die LIFO-Strategie, die zuletzt eingelagerten Güter werden als erstes wieder ausgelagert.

Dadurch, dass bei Durchfahrregalen zwei gegenüberliegende Bedienseiten vorhanden sind, wird die FIFO-Strategie angewendet. Die zuerst eingelagerten Güter auch wieder zuerst ausgelagert werden.



- Zeilenregallagerung

Bei Zeilenregalen sind die einzelnen Fächer nebeneinander und übereinander angeordnet. Die Ladeeinheiten sind meist in der einfachtiefen Lagerung angeordnet, somit kann problemlos auf jede Lagereinheit zugegriffen werden und die Ladeeinheit kann unmittelbar an der Regalfront ein- und ausgelagert werden.

Die folgenden speziellen Bauformen ergeben sich je nach Lagergut, angepasst an Größe, Form und Gewicht. Zudem sind die Zeilenregale angelehnt an die Lagerbauform und die, wenn diese eingesetzt werden, Ladehilfsmittel.

- Fachbodenregal

für Kleinteile, Behälter und Kartonagen; belastbar bis zu 300 kg; übliche Lagerhöhen von 2 m bis 3 m, bis hin zu 12 m; manuell Bedienung, oft mit Kommissionierstapler zur Arbeitserleichterung

- Palettenregal

für Paletten, sowie Gitterboxen und Corletten; belastbar bis 4.000 kg, maximale Feldlasten bis 24.000 kg; Lagerhöhe bis zu 16 m; Einlagerung von 2.000 – 50.000 Paletten, maximal 100.000 Paletten; Regalbedienung erfolgt mit Hilfe von Schmalgang- oder Kommissionierstaplern

- Behälterregal

für kleinere Ladeeinheiten in Behältern, Kästen, Kassetten und Tablaren mit bis zu 50 kg; meist zwischen 1.000 und 20.000 Stellplätze, jedoch maximal 110.000 Stellplätze; Lagerhöhe von 7 m bis 18 m. Diese Regale werden im Allgemeinen durch automatisierte Regalbediengeräte bedient

- Schubladenregal

zur Lagerung von Kleinteilen und Werkzeugen, aber auch Langgut; pro Schublade bis zu mehreren Tonnen belastbar; Lagergut zu einem Block zusammengefasst, durch die Anordnung in Zeilen kann auf jeden beliebigen Lagerplatz zugegriffen werden; Gut lagert in mehreren Ebenen übereinander, Fachböden der einzelnen Schubladen sind aus Metall oder Holz.

- Wabenregal

zur Lagerung von Langgut und Stangenmaterial; Lagerung in Tiefe in Kanälen bis zu 6 m; Lagerung ohne Ladehilfsmittel oder mit Kassetten; Fachbedienung mit Staplern, Regalbediengeräten oder Kranen, mit Kettenfördersystemen und Teleskop

- Kragarmregal  
zur Einlagerung von Langgut, Tafelmaterial und allgemein sperrigem Material; Regalständer mit ein- oder zweiseitig auskragenden starren oder beweglichen Armen; Kassetten oder Lagerwannen als Lastaufnahmemittel <sup>36</sup>

### Dynamische Regallagerung

Während des Lagerprozesses, welcher sich zwischen der Einlagerung und der Auslagerung erstreckt, werden bei der dynamischen Lagerung die Lagergüter umgelagert.

Bei dieser dynamischen Lagerung werden die Vorteile der Blocklagerung und der Zeilenlagerung genutzt. Durch die Umlagerungen sollen bei der Kommissionierung Wege eingespart und die Kommissionierleistung erhöht werden. Zudem ergibt sich bei der kompakteren Lagerung eine hohe Umschlagleistung.

Es wird grundsätzlich unterschieden in feststehende Regale mit bewegten Ladeeinheiten und bewegte Regale mit stehenden Ladeeinheiten.

Folgende Regale zählen zu der dynamischen Regallagerung

- Durchlauf- / Einschub-Regal  
Lagereinheiten werden auf geneigten Rollenförderern meist artikelrein in Kanälen, mit je einer Tiefe von bis zu 25 Paletten, gelagert. Die einzelnen Kanäle können unterschiedlich lange ausgeführt werden.  
Eingelagert werden vor allem Paletten, Behälter und Kartonagen.  
Bei dieser Lagerung können viele Einheiten auf engem Raum gelagert werden, jedoch kann nur auf die erste Einheit eines Kanals zugegriffen werden. Wird eine Lagereinheit entnommen, so rücken die nachfolgenden Einheiten automatisch zum Kanalende, an dem entnommen wird, vor.

Bei dem Durchlaufregal wird das Lagergut am höher gelegenen Kanalende eingelagert und am niedriger gelegenen entnommen. Bei Einschubregalen wird am niedrigen Ende aus- und eingelagert.

Durchlauf- und Einschubregale können auch mit Stetigförderern oder Rollenpalettentechnik ausgeführt werden.

---

<sup>36</sup> Vgl.: (ten Hompel, Schmidt, Nagel, & Jünemann, 2007)

- Umlaufregal

Entlang einer Bahn mit Stetigförderern werden die Regalzeilen oder Regalspalten eines Umlaufregals geführt. Umlaufregale werden vor allem als Puffer bei hoher Leistung verwendet und sind Kommissioniersysteme nach dem Ware-zur-Person-Prinzip. Dieses Prinzip beschreibt eine Kommissionierart, bei der die Bereitstellung der Ware dynamisch und automatisiert erfolgt, also der Artikel mittels Fördertechnik direkt zum Kommissionierer geführt wird.<sup>37</sup>

Auf Grund der Bauformen wird in horizontale und vertikale Umlaufregale unterschieden. Horizontale Umlaufregale werden auch als Karusselllager bezeichnet. Die Baulänge kann bis zu 50 m betragen, eine Höhe von bis zu 7 m ist möglich. Zudem können auch mehrere Regale übereinander gesetzt werden, sodass Fläche eingespart werden kann. Die Entnahme erfolgt meist am stirnseitigen Wendepunkt, bei mehreren Regalen werden diese meist parallel aufgestellt.

Als Beispiel für vertikale Umlaufregale können Paternoster genannt werden. Diese zählen zu den Liftsystemen der automatisierten Lagersysteme und werden dort näher beschrieben.

- Verschieberegale

Verschieberegale kombinieren die Block- und Zeilenlagerung, die einzelnen Regalzeilen werden horizontal verschoben wodurch ein hoher Raumnutzungsgrad und eine hohe Zugriffssicherheit ermöglicht werden. Die Regalzeilen können als Fachboden-, Kragarm- oder Palettenregale ausgeführt werden. Die Bewegung erfolgt über einen schienengeführten Fahrstuhl, der an der Unterseite der Regale angebracht ist, oder mit rollenbestückten Fahrwagen, welche an der Rückwand geführt werden. Durch das Verschieben, welches elektrisch durch Einzelantriebe oder manuell durch einen Sammelantrieb über Ketten passiert, entstehen Gassen zwischen den zwei zu bedienenden Regalen. Die Bedienung kann manuell oder mit Stapelkränen erfolgen. Vollautomatisierten Anlagen können mit lasernavigierten Schmalgabelstaplern und Transferplätzen ausgeführt werden.<sup>38</sup>

---

<sup>37</sup> Vgl.: (Dr. Thomas + Partner GmbH & Co. KG, 2013)

<sup>38</sup> Vgl.: (ten Hompel, Schmidt, Nagel, & Jünemann, 2007)

#### 2.4.3.4 Automatisierte Lagersysteme

In Lagern können unterschiedliche Automatisierungstechniken eingesetzt werden. Diese reichen von staplerbedienten Lagern über automatisierte Kleinteilelager bis hin zu vollautomatischen Hochregallagern.<sup>39</sup>

Ein automatisches Lager besteht aus einer Reihe von Baukomponenten und kann als Art abgeschlossene Maschine gesehen werden. Diese Automatisierung bietet die Möglichkeit, dass Ladehilfsmittel ein- und ausgelagert werden und diese an einem festgelegten Platz nach dem „Ware zum Mann“-Prinzip für die Kommissionierung bereitstehen.

Der Einsatz eines Ladehilfsmittels bzw. einer geringen Zahl von standardisierten Ladehilfen in hoher Qualität gilt als Grundvoraussetzung für ein automatisches Lager.

Für folgende Anwendungen werden automatische Lagersysteme im Wesentlichen eingesetzt:

- Paletten bis ca. 1.500 kg Einzelgewicht
- Kleinteile auf Tablaren bis ca. 300 kg Tablargewicht
- Kleinteile in Kunststoffbehältern oder Kunststoffkästen bis ca. 50 kg pro Behälter
- Langgut bis mehrere Tonnen Gewicht pro Kassette

Der Systemaufbau eines automatischen Lagers beinhaltet im Wesentlichen folgende Komponenten:

- Regale mit oberer und unterer Führungsschiene
- Fahrschiene
- Regale mit Statikfunktionsbauweise für Dach- und Wandverkleidung
- Mit Hubeinheit und Lastaufnahmemittel ausgestattete Regalförderzeuge
- Eine mit Fördertechnik ausgestattete Lagervorzone
- Lagerverwaltungsrechner, kurz LVR, oder Steuerungsrechner  
Dieser Rechner führt die Lagerplatzverwaltung durch und generiert die Ein- und Auslagerung. Eine Anbindung zur administrativen Ebene, üblicherweise zum Host, sollte gegeben sein.
- Steuerungsrechner für die Regalbediengeräte  
Dieser muss an den LVR angebunden werden
- SPS Steuerung für die Fördertechnik
- Abzäunungs- und Absicherungsmaßnahmen  
Um die Unfallgefahr zu minimieren müssen automatische Lager hermetisch abgeriegelt werden<sup>40</sup>

---

<sup>39</sup> Vgl.: (Anwendungsbeispiele der Intralogistik, 2008)

<sup>40</sup> Vgl.: (Bichler, Riedel, & Schöppach, 2013)

## Automatisierte Lagertypen

- Palettenhochregal mit Regalförderzeug

Palettenhochregallager, welche meist mit einer Höhe zwischen 12 bis 25 m errichtet werden, können mit zwei Grundfunktionen betrieben werden. Die erste Funktion ist die reine Vorratslagerung mit Ein- und Auslagerung ganzer Paletteneinheiten, bei der zweiten Funktion wird zusätzlich die Funktion „Ware zum Mann“ durchgeführt. Da die Regalfahrzeuge in Längsrichtung drei- bis sechsmal schneller fahren, als sie unter Last heben können, soll das Verhältnis der Bauhöhe zur Regallänge ca. 1:3 betragen. Die Regalfahrzeuge haben, je nach Abmessungen des Regals, eine Leistung von ca. 20 bis 40 Ein- und Auslagerungen pro Stunde.

Pro Regalgasse wird meist ein Regal eingesetzt. Mehrere Paletten können auch hintereinander gelagert werden, bei zwei hintereinander gelagerten Paletten spricht man von einem doppelt tiefen Palettenlager. Dies wird unter anderem bei der Vorratslagerung mit hoher Anzahl von Lagerplätzen aber einer geringeren Zugriffshäufigkeit verwendet.

In der Regalgasse wird allerdings jeweils nur eine Palette transportiert. Die Bedienung von mehreren Gängen kann durch kurvengängige Regalförderzeuge erfolgen. Auch der Einsatz von Regalförderzeugen, welche über eine Umsetzbrücke zwischen den Regalgassen umgesetzt werden, ist möglich.

Ein Regalfahrzeug, kurz RFZ, ist grundsätzlich mit einer Steuerung, einem Prozessrechner und einer Regalanlage als komplexes System anzusehen. Es ist empfehlenswert, die Systeme eines Hochregallagers von einem Hersteller zu verwenden, da der Einsatz von Systemen mehrerer Hersteller zu einer schwierigen und durch hohe Ankaufkosten gekennzeichneten Investition wird.

Der Vorteil des vollautomatisierten Systems eines Hochregallagers zeigt sich beim Einsatz als Tiefkühlager bis minus 40 °C, wodurch die Humanisierung des Arbeitsplatzes entfallen kann.

- Kassettenlager

Bei dieser Lagerung werden Profile, Rohre oder anderes Langgut in Kragarmregalen eingelagert, die Einlagerung erfolgt automatisch. Als technische Lösung dient oft ein am Regal befestigter Mast mit Hubgerüst, der das vor dem Regal in einer Kassette positionierte Lagergut aufnimmt und einlagert.

Geeignet ist ein solches Lager zur Integration in die Produktion oder zur direkten Anbindung von Produktionsmaschinen an ein Lager.<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup> Vgl.: (Bichler, Riedel, & Schöppach, 2013)

- Tablarlager

Auf sogenannten Tablaren, auch als Regalbrett bezeichnet, werden in diesem Lager die Lagereinheiten zusammengefasst und eingelagert. Die Tablare in einem Lager sind meist stabile Bleche mit gleicher Größe, die Kanten werden nach oben gebogen, um ein verrutschen der Ware zu verhindern. Die Güter auf den Tablaren werden nur auf einer Ebene gelagert und nicht gestapelt, damit die Übersichtlichkeit gewährleistet werden kann.

Auf Grund der gleichen Größe und der Stabilität der Tablare können diese problemlos automatisch befördert werden und sind somit gut im internen Materialfluss einsetzbar. Auch die Einlagerung und die optimale Nutzung der Lagerfläche sind einfach möglich.

Jedes Tablar erhält im Logistiksystem eine Identifikationsnummer, mittels dieser ein Regalbediengerät auf jedes Tablar zugreifen kann. Angewendet wird diese Art des automatisierten Lagers vor allem im automatischen Kleinteilelager.<sup>42</sup>

- Behälterlager

Das Prinzip des Behälterlagers gleicht dem Palettenhochregallager, wobei hierfür statt den Paletten Behälter eingesetzt werden. Diese werden als Kleinladungsträger bezeichnet.

Bei Einzelplatzsystemen ist jeder Platz mit zwei Gleitschienen ausgestattet, auf denen die Behälter gelagert werden. Bei Mehrplatzsystemen werden die Behälter auf Fachböden gelagert.

Durch bis zu 200 Ein- und Auslagerungen pro Stunde ist ein doppelttiefes Behälterlager sehr interessant, dabei werden in der Regalgasse gleichzeitig zwei Behälter transportiert.

Abhängig vom Behälter werden verschiedene Lastaufnahmemittel eingesetzt.

Das Prinzip „Ware zur Person“ wird meist im Behälterlager umgesetzt. Im Bereich der Schnelldreher-Kommission wird oft ein Durchlaufregallager eingesetzt, bei welchem die Durchlaufkanäle von Regalförderzeugen versorgt werden. Das Prinzip „Ware zur Person“ wird auch hier eingesetzt.<sup>43</sup>

---

<sup>42</sup> Vgl.: (Dr. Thomas + Partner, 2013)

<sup>43</sup> Vgl.: (Bichler, Riedel, & Schöppach, 2013)

- Lager mit Kanal- und Verteilfahrzeugen / Shuttle-Systeme

Diese Art von Lagern wird vor allem für das Einlagern von Paletten und Behältern genutzt, wobei zwischen 40.000 und 80.000 Stellplätze vorhanden sein können. Üblich ist zudem eine Kanaltiefe von bis zu 10 Paletten. Die Lagergutlast beträgt bis zu 1.250 kg.

Der Antrieb der Fahrzeuge erfolgt durch Elektromotoren, die Steuerung über eine WLAN-Verbindung zum Leitrechner.

Der Vorteil dieser Systeme ist die Möglichkeit, Bedarfsspitzen und verändernde Kapazitätsauslastungen durch die Anzahl der Fahrzeuge auszugleichen. Zudem können diese Shuttle-Fahrzeuge durch die Autonomie auch Aufgaben in verschiedenen Gassen und in angrenzenden Bereichen des Materialflusssystems übernehmen.

Bei der Blocklagerung übernehmen Kanalfahrzeuge die Ein- und Auslagerungen durch ein Unterfahren des Lagergutes. Die Lagerung des Lagerguts bei Blocklagern erfolgt hintereinander, wodurch bei der einseitigen Bedienung nur das LIFO-Prinzip, also Last In – First Out, angewendet werden kann. Bei einer beidseitigen Bedienung kann sowohl das LIFO-Prinzip als auch FIFO-Prinzip, angewendet werden.

Bei Lagern mit Kanal- und Verteilfahrzeugen gibt es zwei Arbeitsräume. Im primären Arbeitsraum, einer Gasse, fährt das Trägerfahrzeug, der Arbeitsraum des Verteilfahrzeugs wird als sekundärer Arbeitsraum bezeichnet.

Das Trägerfahrzeug wird im primären Arbeitsraum vor dem vorgegebenen Kanal oder der vorgegebenen Regalzeile positioniert. Die Kanal- und Verteilfahrzeuge können von einem Regalbediengerät in horizontaler und vertikaler Richtung transportiert werden. Alternativ können diese Bewegungsrichtungen auch entkoppelt werden, wobei dann für den horizontalen Transport ein Verschiebewagen und für den vertikalen Transport dann ein Vertikalförderer eingesetzt wird.

In statischen Zeilenregallagern werden die einzelnen Lagerebenen von autonomen Fahrzeugen bedient. Im Gegensatz zu den statischen Blockregallagern mit Kanalfahrzeugen besteht der Vorteil darin, dass keine Umlagerungen vorgenommen werden müssen, sondern ein direkter Zugriff auf jede Ladeinheit gewährleistet ist. Die Anbindung an die Lagervorzone sowie den Transport zwischen den Lagerebenen wird von einem Vertikalförderer übernommen. Diese automatischen Verteilfahrzeuge fahren in separaten Gassen neben dem Lagergut und nehmen dieses seitlich auf.

Diese hochdynamische Lösung ist vor allem im Bereich von automatischen Kleinteilelagern, kurz AKL, einzuordnen.

Eingesetzt wird dieses Lagersystem vor allem bei Kurzzeitlegerung von Auftragsbehältern oder Kartonagen vor der Auftragskonsolidierung.

- Liftsysteme

Liftsysteme, auch Turmsysteme genannt, stellen die minimalste Form der Zeilenlagerung dar. Ein zwischen zwei gegenüberliegenden Lagersäulen angeordneter Lift nimmt die Lagerhilfsmittel auf. Als Lagerhilfsmittel dienen Behälter, Paletten oder Gitterboxen.

Wenn auf ein Regalfach zugegriffen werden muss, bewegt sich dieses bis zum Zugriffsbereich, welcher sich über eine oder mehrere Ebenen erstrecken kann. Zudem gibt es die Möglichkeit, mehrere Zugriffsbereiche auszuführen, wodurch der Durchsatz gesteigert werden kann.

Durch die geringe Standfläche und die hohe Raumnutzung ergibt sich eine gute Lagerraumausnutzung, auf der viele verschiedene Artikelarten, wie etwa Kleinteile, Baugruppen, Behälter, Akten, Langgut oder Stückgut gelagert werden können.

Der Nachteil dieser Lagerart ist die schlechte Ausbaufähigkeit auf Grund der geringen Flexibilität. Die Leistung ist vor allem von der Bauhöhe und dem Zugriffsverhalten auf das Lagergut abhängig.

Jedes Tablar kann mit bis zu 500 kg beladen werden, für das gesamte System ist eine Gesamtzuladung von bis zu 60 t möglich.

Durch mehrere Bedienöffnungen kann in verschiedenen Etagen auf den Lift zugegriffen werden.<sup>44</sup>

---

<sup>44</sup> Vgl.: (ten Hompel, Schmidt, Nagel, & Jünemann, 2007)



### 3 Ist-Situation

In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung des Ist-Zustandes der beiden Themenschwerpunkte ‚Bereitstellung des Rohmaterials‘ und ‚Späneaufbereitung‘. Es werden die Arbeitsvorgänge analysiert, um auf die Problemstellungen und Zielsetzungen, welche im nächsten Kapitel behandelt werden, hinweisen zu können.

#### 3.1 Bereitstellung des Rohmaterials

Die Fertigung wird in den beiden Werken in drei Sparten unterteilt. Dabei befindet sich die Sparte 1 im Werk I und die Sparten 2 und 3 jeweils in einer Halle des Werks II. Jede Sparte bestellt selbstständig das benötigte Rohmaterial.

Das bestellte Rohmaterial wird in Holzkisten, welche eine Abmessung von 3,3 m – 4,0 m haben, bei der jeweiligen Warenannahme Werk I oder Werk II angeliefert. Bis Mitte des Jahres 2017 wurden die angelieferten Materialien einer Wareneingangsprüfung unterzogen. Bei dieser Wareneingangsprüfung wurde zuerst eine Merkmalsprüfung durchgeführt. Dabei wurden die Dimensionen und die Menge, an genau definierten Messpunkten, überprüft. Diese Merkmalsprüfung diente jedoch nur als Absicherung, die richtige Dimension des Materials erhalten zu haben, denn durch starke Temperaturschwankungen in der Warenannahme konnten die Messungen variieren. Deshalb erfolgte, wie auch jetzt üblich, die genaue Prüfung des Durchmessers und der Rundheit beim Einrichten der Maschine durch den Maschinenbediener. Zudem wurde bei Stangenmaterialien eine Geradheitsprüfung durchgeführt.

Heute wird auf die Wareneingangsprüfungen verzichtet, stichprobenartig wird jedoch eine Sichtprüfung auf Beschädigungen durch einen Logistik-Mitarbeiter durchgeführt.

Mit Hilfe eines Staplers werden die Materialstangen in der angelieferten Holzkiste auf einen selbst konzipierten manuellen Transportwagen gehoben. Damit werden die Materialstangen in die richtige Halle zum Materialständer gebracht. Beim Lagerort wird jede Stange mit einer Farbmarkierung versehen, damit die Materialien, welche sich optisch sehr ähneln, unterschieden werden können. Dieser Farbcode ist in einer Arbeitsanweisung definiert.

Bevor die neu angelieferte Stangenware jedoch stehend einzeln in den Ständer eingeräumt werden kann, müssen die vorrätigen Stangen herausgenommen werden. Nach dem FiFo-Prinzip werden die neuen Stangen hinten eingelagert, durch eine Etikettierung abgetrennt und die vorrätigen Stangen vorne wieder eingelagert. Somit werden die Materialstangen chargenrein eingelagert.

Wenn ein Produktionsauftrag vorhanden ist, können die Materialien einfach aus dem Materialständer genommen und weiterverarbeitet werden. Wird aber zusätzlich Material benötigt, da sich der Produktionsauftrag ändert oder ohne Produktionsauftrag etwas produziert werden muss, muss das entnommene Material in eine Liste per Hand eingetragen werden. Diese Liste wird von dem Logistikteam kontrolliert und das entnommene Material wird verbucht. Dabei muss bedacht werden, dass die Mitarbeiter meist neue Stangen nehmen und gekürzte, zurück gebrachte Stangen oftmals stehen bleiben, da sie zu kurz zum Einspannen sind oder es zu wenig für den Produktionsauftrag ist.

Durch diese oft nicht nachvollziehbare Entnahme rechnet man pro 3 Monate mit ca. 100 Laufmeter fehlendem Material, dessen Verbleib nicht nachverfolgt werden kann.

Bevor das Material in die Maschine eingespannt werden kann, muss dieses gekürzt und angespitzt werden. Für diese Vorarbeit gibt es keine genaue Regelung der Zuständigkeit, daher wird dies bisher teilweise vom Logistikteam und teilweise vom Fertigungsteam übernommen.

## 3.2 Späneaufbereitung

Für die Produktion der einzelnen Komponenten für die in der Firmenvorstellung genannten Produkte stehen am Hauptsitz in Bürmoos zurzeit 110 Bearbeitungszentren zur Verfügung. In diesen Dreh- und Fräsmaschinen werden die Materialien Niro-Stahl, Ecobrass, Messing, Aluminium und Neusilber bearbeitet, welche in Stangenware angeliefert werden. Die Bearbeitungsgenauigkeit der Maschinen beträgt bis zu fünftausendstel Millimeter.

Bei der Bearbeitung der Materialien entstehen Späne als Abfallprodukt. Eine Verringerung der anfallenden Menge wurde bereits vor einigen Jahren in einem Projekt, durch die Abstimmung der Materialdurchmesser auf die zu produzierenden Teile, erfolgreich realisiert. Die Späne sind mit Öl behaftet, welches während dem Bearbeitungsvorgang in den Maschinen als Kühlschmierstoff dient. Da unterschiedliche Maschinen für die Bearbeitung der Metalle eingesetzt werden, unterscheidet sich auch die Späneausbringung aus den einzelnen Maschinen.

Bei der Ausbringung der Späne aus der Bearbeitungsmaschine unterscheidet man, ob die Späne maschinell oder händisch ausgebracht werden. Bei der maschinellen Variante gelangen die Späne vom Bearbeitungsraum über einen angebauten Späneförderer aus der Maschine und fallen dann in eine Späneschütte. Bei der händischen Variante fallen die Späne in einen maschineneigenen Auffangbehälter und müssen dann von einem Mitarbeiter aus diesem Auffangbehälter in Späneschütten umgefüllt werden.

Da sich die Ausbringungsart aus der Maschine unterscheidet bzw. die Späneförderer, welche bei der maschinellen Ausbringung eingesetzt werden, an den einzelnen Bearbeitungsmaschinen in unterschiedlichen Höhen und im unterschiedlichen Ausmaß angebracht sind, unterscheiden sich auch die Schütten, in denen die Späne aufgefangen werden.

Teilweise wird bei Schütten das Öl, welches sich trotz Abtropfen am Späneförderer in der Schütte ansammelt, über eine automatische Rückführung wieder zurück in die Maschine gepumpt. Um ein Einbringen des mit Spänen verunreinigten Öls zu verhindern, wird dieses vor dem Einpumpen in die Maschine noch über eine Ölfilteranlage geführt.

Auch bei Maschinen, welche mit Emulsion arbeiten, gibt es Schütten, die mit einer automatischen Emulsionsrückführung ausgestattet sind. Dabei werden die Späne in der Schütte mit Wasser händisch abgespült und dieses Emulsions-Wasser-Gemisch wird zurück in die Maschine geführt.

Der Arbeitsaufwand für die Späneentsorgung beider Werke beträgt derzeit 60 Stunden pro Woche. Je Werk ist ein Mitarbeiter für die Späneentsorgung ganztags beschäftigt.

### 3.2.1 Werk I

Derzeit werden im Werk I die vollen Späneschütten von einem Mitarbeiter der Späneentsorgung direkt bei den Bearbeitungsmaschinen abgeholt und zur Aufbereitung an die Späneschleuder gefahren. Die Späne aus der Schütte werden in einen Behälter, welcher in die Schleuder eingesetzt wird, umgefüllt. Dies erfolgt mit Hilfe eines Trichters, welcher auf den Behälter, der in die Schleuder eingesetzt wird, angepasst wurde.

Dieser Metall-Behälter hat einen Nenninhalt von 30 Litern und einen Beschickungsinhalt von max. 30 Kilogramm.

Mit Hilfe eines Portalkrans wird der befüllte Behälter in die Späneschleuder eingehoben. Die eingesetzte Späneschleuder GZ400B ist von der Firma CEPA.

Abhängig davon, welches Material eingefüllt wird, beträgt der Schleudervorgang zwischen fünf bis fünfzehn Minuten. Wenn die Zeit für das Handling mit einberechnet wird, so können pro Stunde bis zu 4 Trommeln geschleudert werden.<sup>45</sup>

Durch die Zentrifugalkraft, welche bei dem Schleudervorgang herrscht, trennt sich das Öl von den Spänen. Dieses Öl gelangt von der Schleuder in eine Filteranlage, in dieser werden nochmals die Feststoffe ausgefiltert und das Öl für die Wiederverwendung in den Maschinen aufbereitet.

Auch das Öl der Ölnebelabsaugung wird über diese Filteranlage gefiltert.

Pro Woche werden ca. 120 Liter Öl im Werk I aufbereitet und in handliche Kanister umgefüllt. Diese Kanister stehen den Maschinenbedienern zur Verfügung, um das Öl der Maschinen wieder aufzufüllen.

Nach dem Schleudern werden die trockenen Späne zur Entsorgung umgefüllt. Die Späne des Materials Ecobrass, welche nicht aufbereitet werden, werden in einer Schütte, die Späne der anderen Materialien in Fässern entsorgt. Sind die Fässer vollgefüllt, werden sie vom Mitarbeiter auf die Rampe im Freien gebracht, von wo aus diese mit dem Stapler zum Entsorgungsterminal gefahren werden. Die Entsorgung der Fässer erfolgt durch eine Fremdfirma, die je nach Bedarf vom Entsorgungsteam angefordert wird.

---

<sup>45</sup> Vgl.: (Carl Padberg Zentrifugenbau GmbH, 1997)

### 3.2.2 Werk II

Am zweiten Produktionsstandort in Bürmoos wird die Späneaufbereitung in den beiden Fertigungshallen unterschiedlich abgehandelt. Diese beiden Fertigungshallen sind nicht direkt miteinander verbunden, die Verbindung der beiden Gebäudekomplexe erfolgt über den Montagebereich im Erdgeschoss. Derzeit befindet sich die Aufbereitungsanlage für die anfallenden Späne in der Halle 2. Dadurch, dass der Montagebereich ein Hygienebereich ist, dürfen keine ölbehafteten Späne durch diesen Bereich transportiert werden.

Dies bedingt, dass die Späne der Halle 1 derzeit nicht aufbereitet werden. Die vollen Schütten bleiben neben den Bearbeitungsmaschinen zwischen drei und fünf Tagen stehen, durch den Gitterboden können die ölbehafteten Späne abtropfen. Das abgetropfte Öl wird in Abtropftassen aufgefangen, welche direkt unter den Spänewägen angebracht sind. Das Öl aus diesen Abtropftassen wird gesammelt, gefiltert und in die Maschine zurückgeführt und somit als Kühlschmierstoff wiederverwendet.

Die abgetropften Späne werden in den Schütten von dem jeweiligen Maschinenbediener auf der Rampe zwischengelagert. Ein Mitarbeiter der Späneentsorgung entleert diese mit Hilfe eines Staplers in Container, welche im Entsorgungsterminal gelagert sind. Je nach Bedarf wird eine Fremdfirma für die Entsorgung der Container beauftragt.

Die Späne, welche in der Halle 2 anfallen, werden mit einer Späneschleuder aufbereitet. Der Ablauf erfolgt wie im Werk I.

Die Schleuderzeit beträgt, abhängig vom Material, zwischen fünf und fünfzehn Minuten. Dadurch ergibt sich eine Verarbeitungsmenge von bis zu 4 Trommeln pro Stunde.

Eingesetzt wird hier die Späneschleuder GZ 500 B der Firma CEPA mit einem Nenninhalt von 50 Liter und einem Beschickungsinhalt von max. 100kg.<sup>46</sup>

Das ausgeschleuderte Öl wird über eine Ölfilteranlage nochmals aufbereitet und im eingebauten Tank zwischengelagert. Ist dieser Tank befüllt, wird das Öl von einem Mitarbeiter der Späneentsorgung in Kanister abgefüllt und den Maschinenbedienern für die Maschinenkühlung bereitgestellt. Durchschnittlich werden pro Woche 70 Liter Öl zurückgewonnen.

---

<sup>46</sup> Vgl.: (Carl Padberg Zentrifugenbau GmbH, 2007)

Die aufbereiteten Späne werden wieder in Schütten gefüllt, auf die Rampe der Halle und von dort mit dem Stapler zum Entsorgungsterminal gefahren. Im Entsorgungsterminal sind Container von einer Fremdfirma bereitgestellt, in welche die Späne dann entleert werden.

Diese Fremdfirma, welche auch die Entsorgung durchführt, wird bedarfsweise kontaktiert.

### **3.2.3 Spänemenge**

In der Fertigung der Produkte wird meist auf das Material Niro gesetzt, weshalb auch hier die meisten Späne anfallen. Konkret in Zahlen ausgedrückt waren dies im Geschäftsjahr 2017 gesamt 107.030 kg, über beide Werke betrachtet.

Nach dem Niro folgt mit bereits großem Unterschied das Material Messing, wovon im letzten Geschäftsjahr 2017 insgesamt 45.632 kg entsorgt wurden.

Die Mischspäne mit 14.710 kg folgen dem Neusilber mit 16.960 kg, wobei die geringsten Spänemengen mit 9.620 kg vom Material Ecobrass und 4.760 kg vom Material Aluminium im Geschäftsjahr 2017 entsorgt wurden.

## 4 Problemstellung und Zielsetzung

Im folgenden Kapitel werden die Problemstellungen der Bereitstellung von Rohmaterial, sowie jene der Aufbereitung von ölbehafteten Spänen erläutert. Aus diesen Problemstellungen werden die Zielsetzungen abgeleitet, welche zum gewünschten Konzept führen sollen.

### 4.1 Bereitstellung Rohmaterial

#### 4.1.1 Farbmarkierung des Materials

Für die Markierung der Materialstangen werden verschiedene Farb-Spraydosen verwendet. Spraydosen gelten als Druckgaspackungen und die Lagerung dieser ist in der Druckgaspackungslagerverordnung geregelt.

Auf Grund dieser Verordnung gibt es grundlegende Anforderungen an die Lagerung sowie auch Lagerverbote. Somit dürfen Druckgaspackungen nicht in Stiegenhäusern sowie bei und im Umkreis von 5m von Notausgängen gelagert werden. Auch zu Rolltreppen und Aufzugstationen müssen 5m Abstand gehalten werden.

Zudem müssen die Wände und Decken zu angrenzenden Räumen mindestens brandbeständig, die Türen selbstschließend und zumindest brandhemmend ausgeführt werden. Pro Brandabschnitt dürfen maximal 20 Dosen gelagert werden.<sup>47</sup>

Auf Grund dieser Anforderungen und Auflagen werden die Farb-Spraydosen derzeit in eigenen Sicherheitsschränken gelagert.

Bevor die Stangen in die Materialstände eingeräumt werden, muss jede Stange einzeln durch einen Logistik-Mitarbeiter mit dem richtigen Farbcode markiert werden. Dies ist ein beachtlicher Zeitaufwand und ist teilweise auch mit Verunreinigungen des Bodens durch die Farbe verbunden.

---

<sup>47</sup> Vgl.: (WKO Oberösterreich, 2011)

Eine weitere Problemstellung ist, dass die gekürzten Stangen, die zurück in die Materialständer zurückgestellt werden, nicht nachmarkiert werden und daher auch nicht mehr klar erkennbar ist, ob das Material richtig eingelagert wurde.

Ziel ist es, die Farbmarkierung durch geeignete Maßnahmen zu ersetzen, welche mit weniger Lageraufwand und Auflagen verbunden sind.

#### **4.1.2 Einlagerung des Materials**

Wie bereits in der Darstellung der Ist-Situation der Bereitstellung des Rohmaterials beschrieben, wird das angelieferte Rohmaterial derzeit von einem Logistikmitarbeiter in der Holzkiste, in der es angeliefert wurde, zum Lagerort der jeweiligen Sparte transportiert.

Am Lagerort, dem Materialständer, muss zuerst das noch eingelagerte Material aus dem Materialständer entnommen werden, da auf Grund des FiFo-Prinzips das neue angelieferte Material hinten eingelagert werden muss. Dies wird gemacht, um das Material chargenrein zu trennen. Die Trennung der einzelnen Chargen erfolgt durch Metalltrennungen, auf denen eine Etikettierung aufgebracht wurde.

Nachdem die neuen Stangen einzeln aus der Holzkiste in den Materialständer eingelagert wurden und die Trennung mit der Etikettierung eingehängt wurde, müssen die noch vorhandenen Stangen wieder davor gelagert werden.

Dieser Ablauf bedingt einen hohen Arbeitsaufwand und auch einen hohen Kraftaufwand für den Logistik-Mitarbeiter.



## 4.2 Späneaufbereitung

Eine Problemstellung im Bereich der Späneaufbereitung ist der Personalaufwand. Wie aus der Beschreibung der Ist-Situation hervorgeht, wird die Späneaufbereitung in beiden Werken sowie auch in den beiden Hallen im Werk II unterschiedlich gehandhabt. Durch diesen unklaren Ablauf entsteht ein höherer Aufwand für die Mitarbeiter der Späneentsorgung sowie eine längere Durchlaufzeit der Späne von der Maschine bis zur Entsorgung.

Dadurch, dass die Späne bereits bei den Bearbeitungsmaschinen unterschiedlich aufgefangen werden, müssen diese bei der Schleuder in eine einheitliche Schütte umgefüllt werden. Auf Grund der verschiedenen eingesetzten Materialien muss diese Schütte vor dem Befüllen mit einem anderen Material gründlich gereinigt werden.

Neben dem Personalaufwand ist auch das Thema Sauberkeit kritisch zu prüfen. Denn durch das Umfüllen der Späne von einer in die andere Schütte, von der Maschinenschütte in die Aufbereitungsschütte, tritt trotz Sorgfalt eine Verunreinigung des Bodens durch Öl und Späne auf. Vor allem die Verunreinigung durch Öl ist ein Aspekt, der die Arbeitssicherheit beeinträchtigt.

Trotz Säubern der Schütte nach der Aufbereitung eines anderen Materials können sich in der Schütte noch Rückstände von anderen Metallen befinden. Dies verursacht eine Verunreinigung der Späne und bedeutet zugleich eine Preisminderung beim Verkauf.

Bei der derzeitigen Aufbereitung der Späne in der Schleuder bleibt ein Ölfilm auf den Spänen zurück. Durch eine neue Anlage könnte der Trocknungsgrad der Späne erhöht werden. Dieser Trocknungsgrad bezeichnet die Verunreinigung mit Öl, je höher dieser ist, desto weniger Öl befindet sich noch auf den Spänen. Dadurch könnte ein höherer Erlös aus dem Verkauf der Späne erzielt werden.

Ebenso erhöht sich durch den höheren Trocknungsgrad der Späne die zurückgewonnene Menge an Öl, welches wieder bei den Maschinen als Kühlschmiermittel eingesetzt wird. Dadurch verringert sich der notwendige Zukauf von Öl. Die Kosten für 200 Liter Öl betragen im Einkauf 1.000 €.<sup>48</sup>

Das Ziel ist, wie im folgenden Konzept zur Späneaufbereitung beschrieben, eine standardisierte Aufbereitung der Späne mit Möglichkeit der Teil- oder Vollautomatisierung unter der Berücksichtigung des Personalaufwandes, der Sauberkeit und des Aufbereitungsgrads und deren Verbesserung.

---

<sup>48</sup> Vgl.: (W&H Dentalwerk GmbH, 2016)



## 5 Konzept

In den folgenden Kapiteln werden die Automatisierungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der neuen Gegebenheiten für den Erweiterungsbau am Standort Bürmoos Werk II der W&H Bürmoos GmbH behandelt. Dabei wird zuerst auf die Automatisierung des Materialflusses des Rohmaterials thematisiert, welcher die Anlieferung, die Einlagerung sowie den Transport vom Lagerbereich zur Bearbeitungsmaschine behandelt. Der zweite Themenschwerpunkt der Automatisierung im Prozess der Späneaufbereitung befasst sich mit dem Auffangen der Metallspäne, dem Transport dieser zum Aufbereitungsbereich sowie dem Aufbereitungsprozess und der Entsorgung.

### 5.1 Automatisierung Materialfluss Rohmaterial

Vom neu angebauten Wareneingang aus würde das Stangematerial durch das Zentrallager, weiter durch einen Verbindungsgang und in die Fertigung transportiert werden. Die Anlieferung des Stangenmaterials erfolgt in Holzkisten, welche eine Länge von bis zu 4 m haben.

Eine Automatisierung des Transports mit Hilfe von Stetigförderern ist aus verschiedenen Gründen kaum umsetzbar. Zum einen ist der lange Weg vom Wareneingang bis zum Lagerbereich durch viele Wendungen und Verengungen durch Tore gekennzeichnet. Zudem ist die Bodenfläche, welche man für den Einsatz eines Stetigförderers benötigen würde, nicht gegeben. Wirtschaftlich würde sich ein Stetigförderer nicht lohnen, da die Materialanlieferung für den Fertigungsbereich keinen Dauerbetrieb benötigt.

Bei den fahrerlosen Transportsystemen würden sich FTF für Langgut anbieten. Dadurch, dass jedoch im Zentrallager Staplerverkehr herrscht, würde mehr Gangfläche benötigt werden, um Kollisionen zwischen Personenverkehr, Staplerverkehr und den fahrerlosen Transportfahrzeugen vermeiden zu können. Diese sind durch die Nutzung als Zentrallager nicht gegeben, wodurch diese Variante der Automatisierung entfällt.

Somit kann gesagt werden, dass eine Automatisierung des Transportweges vom Wareneingang zum Lagerbereich, auf Grund der fehlenden Platzverhältnisse nicht zum Einsatz kommt.

Um den Materialfluss von der Anlieferung bis zur Einlagerung trotz der nicht umsetzbaren Automatisierung verbessern zu können, kann man die Situierung des Lagerbereichs überdenken.

Die Einlagerung der Stangenware erfolgt nicht im Zentrallager, sondern in einem dezentralen Lagerbereich in der Fertigung. Für die Einlagerung von Stangengut würde sich ein Schubladenregal, ein Wabenregal, ein Kragarmregal oder auch ein Liftsystem eignen.<sup>49</sup>

Favorisiert wird jedoch ein Liftsystem. Denn dieses System kann mit hohen Lasten beladen werden, was bei der Lagerung von Metall benötigt wird. Zudem könnte das Material direkt mit den Holzkisten, in denen es angeliefert wird, eingelagert werden und ein zusätzliches Umräumen entfällt.

In der derzeitigen Planung ist der Lagerlift im mittleren Fertigungsbereich eingeplant. In Besprechungen wurde jedoch noch eine andere Variante der Aufstellung angesprochen. Dadurch, dass auf den Lift in verschiedenen Etagen durch mehrere Bedienöffnungen zugegriffen werden kann, bietet sich an, den Lift an der Fassade zu situieren. Wird der Lift an der Fassade situiert, kann somit die Einlagerung von außen erfolgen. Dies würde den Transport, welcher wie vorhin beschrieben auf Grund der Gegebenheiten nicht optimal automatisiert werden kann, durch das Gebäude ersparen. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die Einlagerung der gesamten Kiste keine Vermischung zwischen verschiedenen Chargen passieren kann. Auf die Farbmarkierungen der einzelnen Stangen kann jedoch nicht verzichtet werden, da diese optisch gekennzeichnet werden müssen. Die Kennzeichnung könnte an die Lieferanten vergeben werden, sodass die Materialien bereits mit Farbmarkierung angeliefert werden und dieser Schritt entfallen könnte.

Der Maschinenbediener, welcher das Material benötigt, kann sich dieses am Lagerlift entnehmen. Am Bedientableau muss der Barcode des Auftrags, welchen er erhält, eingescannt werden. Durch diesen Barcode erkennt das Lagersystem des Lagerlifts, welches Material für diesen Auftrag vorgesehen ist und fährt den Fachboden, in dem das richtige Material gelagert ist, an die Entnahmestelle. Dort entnimmt der Mitarbeiter die benötigte Menge, welche ihm ebenfalls am Bedientableau angezeigt wird. Durch die Auswahl des Auftrags wird die Entnahmemenge im Lagerverwaltungssystem der Logistik direkt abgebucht.

---

<sup>49</sup> Vgl.: (ten Hompel, Schmidt, Nagel, & Jünemann, 2007)

Das Stangenmaterial wird nach der Entnahme auf dem Lagerlift, wenn nötig, abgelängt und angespitzt, sodass es in den Stangenlader der Bearbeitungsmaschinen eingelegt und verarbeitet werden kann.

Das Ablängen könnte eventuell dadurch entfallen, dass der Einkauf und die Lieferung des Stangenmaterials in den richtigen benötigten Längen erfolgen.

Als teilautomatisierte Lösung für den Transport des zur Verarbeitung vorbereiteten Stangenmaterials könnten Seitenstapler eingesetzt werden. Dieser transportiert das Stangenmaterial der Länge nach. Ein elektrischer Hubwagen kann aus dem Grund nicht eingesetzt werden, da ein Quer-Transport der Stangen auf Grund der Länge von bis zu 4 Metern nicht möglich ist.

Beim Einsatz von elektrischen Fahrzeugen im innerbetrieblichen Transport müssen gewisse Breiten eingehalten werden. Diese Breiten ermitteln sich aus der Breite des Transportmittels und einem Randzuschlag auf beiden Seiten von 0,50 m bei Fahrzeugverkehr. Führen Fahrzeugverkehr und Fußgängerverkehr über einen Weg, muss ein Randzuschlag von 0,75 m pro Seite gerechnet werden. Da in diesem Konzept auch Gegenverkehr vorkommen kann, muss zusätzlich ein Begegnungszuschlag von 40 Zentimetern eingeplant werden. Es bietet sich an, bei Fahrzeug- und Fußgängerverkehr über einen Weg, den Fußgängerbereich mit Geländern abzusichern. Im besten Fall sollte der Personenverkehr vom Fahrzeugverkehr getrennt sein.<sup>50</sup>

Da die Mitarbeiter auf die elektrischen Fahrzeuge eingewiesen werden müssen, würde durch deren Einsatz ein erheblicher Aufwand entstehen. Dadurch soll der Transport des Stangenmaterials weiterhin mit den bereits im Bestand verwendeten manuellen Transportwägen erfolgen

Das nicht verarbeitete Material, welches wieder zum Lagerlift zurückgebracht wird, wird dort wieder eingelagert. Die Zuordnung zur richtigen Kiste erfolgt wieder durch den Barcode des Auftrags sowie der Farbmarkierung.

---

<sup>50</sup> Vgl.: (Ausschuss für Arbeitsstätten, 2018)

## 5.2 Automatisierung Späneaufbereitung

Anfangs war geplant, die Späneaufbereitung in beiden Werken einzeln zu betrachten und die bestehenden Anlagen zu erneuern. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die eingesetzten Komponenten vereinheitlicht werden, um, im Fall einer Zusammenlegung der Fertigungsbereiche an einem Standort, kombinieren zu können.

Dieser Ansatz wurde jedoch verworfen, als mit der Planung für eine Erweiterung des Produktionsstandortes Werk II begonnen und die Idee, die Fertigungsbereiche an einem Standort zusammenzufassen, konkreter wurde. Vorherige Investitionen, welche nicht am neuen Produktionsstandort eingesetzt werden könnten, sollten vermieden werden und ein Gesamtkonzept erarbeitet werden.

Die bestehende Halle 1 soll nach hinten verlängert werden. In dieser bestehenden Halle sowie der Erweiterung soll der Fertigungsbereich situiert werden, die Späneaufbereitung wird anschließend an die Halle 1 seitlich Außen angebaut.

Dieser Bereich Späneaufbereitung besteht zum einen aus dem Aufbereitungs- und Lagerbereich, welcher direkt mit der Halle verbunden ist. Hier wird der Platz für zwei Spänschleudern vorgesehen, wobei anfangs nur eine Zentrifuge angeschafft werden soll. Eine zweite Zentrifuge kann eingesetzt werden, wenn sich die Menge der mit Emulsion behafteten Späne erhöht, da Öl und Emulsion nicht in der selben Zentrifuge geschleudert werden können und getrennt werden müssen. Das Öl, welches von den Spänen ausgeschleudert wird, muss zur Reinigung über einen Bandfilter geführt werden. Dieser befindet sich neben oder unter der Zentrifuge, je nach Höhe der Aufständigung der Anlage. Zudem wird in diesem Bereich der Platz für die Lagerung der mit Neuöl gefüllten Fässer vorgesehen.

Anschließend an den Späneaufbereitungs-Bereich wird der Entsorgungsbereich für die Späne situiert. Hier werden die Container bereitgestellt, in welche die getrockneten Späne entsorgt werden. Dieser überdachte Bereich ist mit Toren geschlossen. Bei Betätigung dieser Tore muss die automatisierte Anlage stoppen, um die Arbeitssicherheit der Mitarbeiter zu gewährleisten.

Bereits bei den Maschinen soll von den derzeitigen, sehr unterschiedlichen Spänebehältern auf einheitliche Kübel umgestellt werden. Diese Behälter haben einen Inhalt von ca. 120 Liter. Dafür müssen bei den Maschinen die Höhen der Späneförderer an diese Behälter angepasst werden. Um den Transport dieser zu erleichtern und eine eventuelle Automatisierung des Transportes der Kübel zur Späneaufbereitung zu ermöglichen, sollen diese bei der Maschine aufgeständert werden. Dadurch kann mit einem Transportwagen unter den Kübel gefahren werden und dieser leicht aufgenommen werden.

Das Material der Behälter soll in Aluminium gewählt werden, da dieses im Gegensatz zu Kunststoff eine höhere Lebensdauer aufweist. Die Aluminiumkübel werden in unterschiedlichen Farben ausgeführt, wobei jede Farbe für ein verarbeitetes Material steht, was zu einer Verbesserung der Sauberkeit und der Vermeidung von Vermengungen verschiedener Späne beitragen soll. Pro Maschine wird für die Anschaffung mit 2,5 Behältern gerechnet, sodass für die Aufbereitungszeit der Späne ein weiterer Kübel zur Verfügung steht.

Die Spänebehälter sollen vom jeweiligen Maschinenbediener zur Aufbereitungsanlage gefahren werden. Durch den Inhalt von ca. 120 Liter pro Behälter, kann das Gewicht, je nach Spänesorte und Menge der Ölanhaftung an den Spänen, bis zu 220kg betragen. Auf Grund dieses hohen Gewichts soll das Handling für die Mitarbeiter weitestgehend erleichtert werden.

Für diese Erleichterung des Arbeitsablaufs kann ein voll- oder teilautomatisierter Transportwagen eingesetzt werden. Da auf Grund des Spänevolumens pro Stunde maximal zwei Kübel zur Aufbereitungsstation transportiert werden, erscheint eine vollautomatische Transportlösung in Form von fahrerlosen Transportsystemen nicht als wirtschaftlich. Daher wird eine teilautomatische Transportlösung in Form von elektrischen Hubwagen vorgesehen. Die Hubwagen sollen mit einem Aufsatz ausgestattet werden, welcher es erleichtert und ermöglicht, zwei Kübel gleichzeitig aufzunehmen.

Im Späneaufbereitungsbereich werden die Behälter auf die Aufgabestation gestellt. Diese soll in der gleichen Höhe situiert werden, wie die Behälter auch bei der Maschine stehen. So muss kein Höhenunterschied überwunden werden, was das Handling erleichtert. Diese Aufgabestation bietet Platz für vier Spänebehälter. Ab der Aufgabestation soll der Prozess der Späneaufbereitung und Späneentsorgung voll automatisiert werden.

Von der Aufgabestation hebt ein automatisierter Portalkran die vollen Kübel direkt in die Zentrifuge ein. Dieser Portalkran muss auf ein Gewicht von 500 kg ausgelegt werden. Dadurch, dass die ölbehafteten Späne direkt in dem Kübel, in welchem sie aufgefangen werden auch geschleudert werden, kann eine Vermengung und Verunreinigung mit anderen Spänesorten ausgeschlossen werden.

Eingesetzt werden soll eine Zentrifuge GZ 700 SF der Firma CEPA. Diese haben ein Beschickungsgewicht von 200 kg und pro Stunde können sechs Einsatzbehälter geschleudert werden, was einen Beschickungsinhalt pro Stunde von 1.200 kg ergibt.<sup>51</sup>

Diese Zentrifuge erkennt die Farbe des eingesetzten Behälters und bestimmt somit, abgestimmt auf das Material, die richtige Schleuderdauer, um die größtmögliche Trocknung der Späne zu erreichen.

Ist die Aufbereitung abgeschlossen, wird der Kübel automatisch mit dem Portalkran aus der Zentrifuge gehoben und auf einen sogenannten Verfahrwagen gestellt und darauf befestigt. Dieser automatisierte Verfahrwagen fährt die getrockneten Späne durch eine automatische Toranlage in den Entsorgungsbereich, in welchem die Container situiert werden. Ist der jeweilige Entsorgungscontainer mit dem richtigen Material erreicht, wird der Verfahrwagen gekippt und somit die trockenen Späne in den Container entleert.

Die Füllhöhe der einzelnen Container wird durch Sensoren überwacht. Wenn in den Containern eine gewisse Füllhöhe erreicht wird, erfolgt eine Meldung an den Mitarbeiter der Entsorgung. Dieser Mitarbeiter organisiert dann die Abholung der Container durch eine Entsorgungsfirma.

Der entleerte Behälter wird wieder zurück in den Späneaufbereitungsbereich gefahren und mit Hilfe des Portalkrans automatisiert auf die Ausgabestation gestellt. Dort kann der Behälter von einem Maschinenbediener, der gerade einen Kübel zum Aufbereiten zur Anlage gefahren hat, wieder genommen und zur Maschine gebracht werden.

Für die Späne der Emulsion, welche auch derzeit noch nicht aufbereitet werden, ist in der ersten Ausbaustufe keine Aufbereitungsanlage geplant. Jedoch wurde in der Planung der Platz für eine zweite Zentrifuge vorgesehen, welche für die anfallenden Emulsionsspäne genutzt werden könnte.

---

<sup>51</sup> Vgl.: (Carl Padberg Zentrifugenbau GmbH, 2016)



## 6 Kostenberechnung

Wie aus dem Kapitel 5 Konzepte hervorgeht, soll eine Automatisierung des Transportes von Rohmaterial auf Grund der Gegebenheiten derzeit nicht umgesetzt werden. Da die manuellen Transportwägen bereits im Bestand vorhanden sind, wird für diese keine Kostenberechnung durchgeführt.

Das Konzept der Späneaufbereitung beinhaltet den Transport der Späne-Auffangkübel von der Maschine bis zur Aufbereitungsanlage, sowie die automatisierte Aufbereitung und die anschließende Entsorgung in die Container.

In der nachfolgenden Kostenberechnung werden die Kosten für die geplanten Systeme aufgezeigt, die Einsparungen gerechnet und eine Amortisationsrechnung durchgeführt.

### 6.1 Transportsysteme

#### 6.1.1 Personalkosten

Als Transportsystem für den Spänetransport von der einzelnen Bearbeitungsmaschine zur Aufbereitungsanlage soll ein elektrischer Handhubwagen eingesetzt werden. Dieser Handhubwagen soll mit einem Aufsatz ausgestattet werden, mit dem der Transport von zwei Spänebehältern gleichzeitig möglich ist.

Der Einsatz dieses Transportsystems hat vor allem den Vorteil eines einfacheren Handlings, ein Umheben der schweren, angefüllten Behälter soll entfallen.

Durch das Einsetzen eines elektrischen Hubwagens und die Übernahme der Transporttätigkeiten durch den jeweiligen Maschinenbediener kann der derzeitige Personalaufwand für den Transport im Team der Späneaufbereitung entfallen. Die Wegzeiten werden reduziert, da man zwei Behälter gleichzeitig transportieren kann und auch beim Abholen der befüllten Behälter bereits leere Behälter zum Austausch mitnehmen kann.

Der derzeitige Aufwand im Team der Späneaufbereitung beträgt in der Woche ca. 5 Stunden. Dieser ist bedingt durch das Kontrollieren und Eintakten, welche Schütten abgeholt werden müssen, die Abholung der Späneschütten an der Bearbeitungsmaschine sowie den Rücktransport der leeren Späneschütte zur Bearbeitungsmaschine.

Tabelle 1: Personalkosten Transportaufwand

<b>Ø Stunden pro Woche</b>	5
<b>Stundensatz in €</b>	46,20
<b>€ pro Woche</b>	231
<b>Wochen pro Jahr</b>	49
<b>€ pro Jahr</b>	<b>11.319</b>

Somit kann gesagt werden, dass durch den Einsatz eines Elektrohubwagens für den Transport der Spänebehälter im Jahr 11.319 € eingespart werden können.

### 6.1.2 Anlagenkosten

Die nachfolgenden Kosten für das Transportsystem werden geschätzt, da noch keine konkreten Angebote vorliegen.

Tabelle 2: Anlagenkosten Transportsystem

	<b>Stück</b>	<b>Kosten pro Stück [€/Stk.]</b>	<b>Gesamtkosten [€]</b>
<b>Elektrohubwagen</b>	3	3.000	9.000
<b>Aufsatz Behälterhalterung</b>	3	1.000	3.000
<b>Anlagenkosten</b>			<b>12.000</b>

### 6.1.3 Amortisationsrechnung

Durch die Gegenüberstellung der Anlagenkosten mit der Kostenersparnis von 11.319 € pro Jahr, welche sich durch die Personaleinsparungen ergibt, wird die Amortisationsdauer in Jahren berechnet. Diese beträgt für das Transportsystem 1,06 Jahre.

$$\text{Amortisationsdauer [Jahre]} = \frac{\text{Kapitaleinsatz [€]}}{\text{Kostenersparnis pro Jahr [€/Jahr]}}$$

$$\text{Amortisationsdauer [Jahre]} = \frac{9.000 + 3.000}{11.319} = \frac{12.000}{11.319} = 1,06 \text{ Jahre}$$

## 6.2 Späneaufbereitung

Für die folgenden Berechnungen werden pro Jahr 245 Produktionstage angenommen, dies ergibt umgerechnet 49 Arbeitswochen.

### 6.2.1 Personalkosten

Durch die neue Späneaufbereitungsanlage können Arbeitskräfte eingespart werden. Diese Einsparungen ergeben sich aus der Automatisierung der Aufbereitungsanlage ab der Aufgabestation. Durch diese Entfallen Arbeitsschritte wie Umfüllen der Späne in den Zentrifugen-Behälter, das manuelle Ein- und Ausheben mit Hilfe eines Portalkrans und das Säubern des Zentrifugen-Behälters.

Die Hauptaufgaben des Mitarbeiters liegen nach Einführung dieser neuen Aufbereitungsanlage vor allem in dem Transport der Aluminium-Behälter zu der Anlage, der Betreuung der Anlage und dem Organisieren der Entsorgung. Die genaue Anzahl der zukünftig benötigten Stunden pro Woche können derzeit nur geschätzt werden.

Tabelle 3: Ist-Personalkosten und geschätzte Soll-Personalkosten

<b>Ø Stunden pro Woche</b>	60	<b>Ø Stunden pro Woche</b>	25
<b>Stundensatz in €</b>	46,20	<b>Stundensatz in €</b>	46,20
<b>€ pro Woche</b>	2.772	<b>€ pro Woche</b>	1.155
<b>Wochen pro Jahr</b>	49	<b>Wochen pro Jahr</b>	49
<b>€ pro Jahr</b>	<b>135.828</b>	<b>€ pro Jahr</b>	<b>56.595</b>

Pro Jahr verringern sich somit die Personalkosten um € 79.233,-.

### 6.2.2 Späneverkauf

Tabelle 4: Einnahmen Späneverkauf GJ16/17

Standort	€/Jahr
Werk I	59.806,55
Werk II	126.403,70
<b>Gesamt</b>	<b>186.210,25</b>

Die Menge der produzierten Späne wird durch die neue Aufbereitungsanlage nicht verändert.

Der Gewinn, der aus dem Verkauf der Späne erwirtschaftet wird, hängt von den jeweiligen Marktpreisen der Späne ab. Auf Grund einer schlechten Nachfrageentwicklung sinken zurzeit die Preise der Späne.

### 6.2.3 Öl-Rückgewinnung

Tabelle 5: Ist-Gewinn Öl-Rückgewinnung

Material	Öl-Rückgewinnung Liter / Tag	Öl-Rückgewinnung Liter / Jahr	Öl-Preis € / Liter	Öl- Rückgewinnung € / Jahr
gesamt	38	9.310,00	5,00	46.550,00
<b>Öl-Rückgewinnung gesamt pro Jahr</b>				<b>46.550,00</b>

Tabelle 6: Soll-Gewinn Öl-Rückgewinnung

Material	Öl-Rückgewinnung Liter / Tag	Öl-Rückgewinnung Liter / Jahr	Öl-Preis € / Liter	Öl- Rückgewinnung € / Jahr
Stahl Niro	53,14	13.019,30	5,00	65.096,50
Messing	23,64	5.791,80	5,00	28.959,00
Aluminium	3,03	742,35	5,00	3.711,75
Neusilber	1,86	455,70	5,00	2.278,5
<b>gesamt</b>	<b>81,67</b>	<b>20.009,15</b>	<b>5,00</b>	<b>100.045,75</b>

Derzeit kostet ein Liter Öl im Einkauf 5 €. Durch die bessere Trocknung der Späne mit einer neuen Aufbereitungsanlage wird eine bessere Öl-Rückgewinnung erzielt. Dadurch kann eine jährliche Ersparnis im Öl-Einkauf von € 53.495,75 erzielt werden.

#### 6.2.4 Anlagenschätzkosten

Die nachfolgenden Kosten sind als Schätzkosten zu verstehen und wurden uns von der Firma CEPA am 18.04.2018 bekannt gegeben.

Die Schätzkosten für eine Anlage CEPA-FLEXOMAT mit 120 l Füllmenge, ausgestattet mit einem automatisierten Portalkran und einer automatischen Farberkennung der Aluminium-Behälter belaufen sich auf 375.500 €.

Für das Auffangen der Späne an den Bearbeitungsmaschinen werden Aluminium-Behälter verwendet. Für die 110 Bearbeitungsmaschinen werden gesamt 250 Aluminium-Behälter angeschafft. Die Kosten für diese Behälter betragen 70.000 €.

Die Montage sowie die Inbetriebnahme der gesamten Späneaufbereitungsanlage beträgt geschätzt 50.500 €.

### 6.2.5 Amortisationsrechnung

Stellt man diese Gesamtkosten den Einsparungen aus den Personaleinsparungen und der Öl-Rückgewinnung, welche gesamt 132.728,75 € pro Jahr betragen, gegenüber, kann die Amortisationsdauer, jedoch ohne Berücksichtigung von Abschreibung oder Änderungen in den Einsparungen, berechnet werden.

$$\text{Amortisationsdauer [Jahre]} = \frac{\text{Kapitaleinsatz [€]}}{\text{Kostenersparnis pro Jahr [€/Jahr]}}$$

$$\text{Amortisationsdauer [Jahre]} = \frac{375.500 + 70.000 + 50.500}{132.728,75} = \frac{496.000}{132.728,75} = 3,74 \text{ Jahre}$$

Bei einer jährlichen Einsparung von € 132.728,75 wäre die Gesamtanlage innerhalb von 3,74 Jahren abbezahlt.

Dadurch, dass die Auffangbehälter an den einzelnen Bearbeitungsmaschinen mit den Kunststoff-Einsatzbehältern vereinheitlicht werden, werden die bisherigen Schütten ausgeschieden. Diese Schütten haben einen geschätzten Restwert von etwa 50.000 €. Es besteht die Möglichkeit, diese an eine Fremdfirma weiter zu verkaufen.

Conclusio





## 7 Conclusio

Zum Abschluss der vorliegenden Arbeit werden in diesem Kapitel die erarbeiteten Ergebnisse nochmals zusammengefasst.

Im Punkt 7.2 werden die Maßnahmen und Konsequenzen für das Unternehmen, welche sich aus den Ergebnissen ableiten lassen aufgezeigt.

Zuletzt erfolgt ein Ausblick, wie mit dem Thema Automatisierung des Materialflusses der Roh- und Wertstoffe in der spannenden Fertigung im Unternehmen in Zukunft umgegangen werden soll.

### 7.1 Ergebnisse

Automatisierung wird immer mehr zum Thema in Industriebetrieben. Vor allem durch die Planung und Umsetzung des Erweiterungsbaus am Standort Werk II in Bürmoos bietet sich an, das Thema Automatisierung für das Unternehmen zu betrachten.

Aus den Grundlagen zu den Themen innerbetrieblicher Transport und Lagerung wurden die Möglichkeiten für das Unternehmen ausgewählt und es wurden Konzepte für jeden Bereich erarbeitet.

Die Automatisierung im Transportbereich für Rohstoffe, im speziellen Fall für das angelieferte Stangenmaterial lässt sich auf Grund der Situierung des Wareneingangs, den sperrigen Ausmaßen des Stangenmaterials und dem langen Transportweg bis zum Lagerbereich kaum umsetzen. Zudem würde die Auslastung des Transportsystems niedrig sein, denn im Unternehmen wird nur im Einschichtbetrieb bzw. mit einer erweiterten Betriebszeit bis 22.00 Uhr gearbeitet.

Die Lagerung des Rohmaterials ist derzeit im Bestand sehr umständlich. Das Einlagern erzeugt einen hohen Personalaufwand durch das händische Um- und Einräumen, die Entnahme ist teilweise nicht nachvollziehbar. Deshalb muss vor allem dieser Einlagerungsprozess überdacht und im Zuge des Erweiterungsbaus neu organisiert werden. Der Einsatz eines Lagerliftes bietet sich sehr gut an, denn dadurch kann eine Vermischung der Chargen verhindert werden, das Handling vereinfacht sich und Ein- und Auslagerungsprozesse werden mit dem Lagerverwaltungssystem verknüpft.

Ein automatisiertes Transportsystem rechnet sich auch für die Spänebehälter nicht, da nur wenige Behälter pro Stunde zur Späneaufbereitungsanlage transportiert werden müssen. Jedoch soll dieser Transport durch einen Elektrohubwagen für die Mitarbeiter vereinfacht werden und die Tätigkeit des Spänetransportes soll durch die Fertigungsmitarbeiter, welche die jeweilige Bearbeitungsmaschine bedienen, übernommen werden.

Die Automatisierung des Späneaufbereitungsprozesses kann und soll im Erweiterungsbau und bei der Zusammenführung der Fertigungsflächen erfolgen. Durch diese neue Späneaufbereitungsanlage können vor allem Personalkosten eingespart werden, die Trocknungs-Qualität der Späne wird verbessert und mehr Öl kann zurückgewonnen werden.

## **7.2 Maßnahmen und Konsequenzen**

Möchte man die Automatisierung des Materialflusses umsetzen, müsste die Layoutplanung des Erweiterungsbaus und die Situierung der Bereiche Wareneingang und Lagerbereich nochmals überdacht werden.

Vorteilhaft wäre es gewesen, bereits vor Beginn der Planungen die Prozessabläufe des Rohmaterialtransports zu analysieren und neue Prozessabläufe zu gestalten, als den Prozessablauf an den Erweiterungsbau anzupassen.

Die Späneaufbereitung wurde bereits vor Planungsbeginn überdacht und somit die Anforderungen in der Planung eingearbeitet, wodurch die Automatisierung möglich ist. Der automatisierte Transport der Spänebehälter wird nur aus dem Grund der zu geringen Nutzung nicht umgesetzt.

## **7.3 Ausblick**

Die Automatisierung wird sich auch in den nächsten Jahren stark weiterentwickeln und für den Einsatz in der Industrie immer interessanter werden.

Eine Automatisierung im Unternehmen wird vor allem dann interessant werden, wenn die Arbeitszeiten vom Einschichtbetrieb in einen Zwei- oder sogar Dreischichtbetrieb geändert werden, da sich somit das Transportvolumen und die Transportfrequenz erhöhen würden.

Im ersten Schritt werden im Erweiterungsbau aus heutiger Sicht hauptsächlich teilautomatisierte Lösungen eingesetzt werden. Die Entwicklung in der Industrie wird jedoch weiterhin verfolgt werden und wenn möglich zu einem späteren Zeitpunkt eingesetzt werden.

## Literatur

Andelfinger, V. P., & Hänisch, T. (2017). *Industrie 4.0*. Wiesbaden: Springer Gabler.

Ausschuss für Arbeitsstätten. (2018). Technische Regeln für Arbeitsstätten - Verkehrswege.

Bichler, K., Riedel, G., & Schöppach, F. (2013). *Kompakt Edition: Lagerwirtschaft*. Gabler Verlag.

BITKOM e.V., VDMA e.V., ZVEI e.V. (2015). *Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0*. BITKOM e.V., VDMA e.V., ZVEI e.V.

Dr. Thomas + Partner. (15. 07 2013). *Logistik KNOWHOW - Tablarlager*. Abgerufen am 26. 05 2018 von <https://logistikknowhow.com/tablarlagerung/>

Dr. Thomas + Partner GmbH & Co. KG. (2013). *Logistik KnowHow*. Von <https://logistikknowhow.com/ware-zum-mann-kommissionierung/> abgerufen

Drossel, W.-G., Ihlenfeldt, S., Langer, T., & Dumitrescu, R. (2018). *Digitalisierung*. Springer Vieweg.

Duden. (2018). *Duden*. Von <https://www.duden.de/rechtschreibung/Revolution> abgerufen

Ertl, M., & Salletmayer, W. (2014). *Terminal - Fachbuch für Logistik*. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky GmbH.

Frick, T. W. (15. 08 2017). *Industrie Wegweiser*. Von <http://industrie-wegweiser.de/von-industrie-1-0-bis-4-0-industrie-im-wandel-der-zeit/> abgerufen

Fuchs, M. (2017). *Globalisierung Fakten*. Von <https://www.globalisierung-fakten.de/industrialisierung/zweite-industrielle-revolution/> abgerufen

Lackes, R. (19. 02 2018). *Wirtschaftslexikon Gabler*. Von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/ubiquitous-computing-48216/version-271474> abgerufen

Lackes, R. (02. 19 2018). *Wirtschaftslexikon Gabler*. Abgerufen am 24. 05 2018 von <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/internet-der-dinge-53187/version-276282>

Lasi, H., Fettke, P., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). *Industrie 4.0*. Springer Fachmedien Wiesbaden.

- (2011). Stetigförderer. In H. Martin, *Transport- und Lagerlogistik* (S. 132-213). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- (2011). Unstetigförderer. In H. Martin, *Transport- und Lagerlogistik* (S. 214-293). Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Oberösterreichische Zukunftsakademie. (2014). *Zukunftsthema - Produktion in Zukunft*. Linz: OOE Zukunftsakademie.
- Peyrl, R. (2014). *Produktion in Zukunft*. Linz: Oberösterreichische Zukunfts Akademie.
- Schönfelder, C. (2017). *Muße - Garant für unternehmerischen Erfolg*. Unna: Springer-Verlag.
- Sendler, U. (2016). *Industrie 4.0 grenzenlos*. Springer Verlag.
- Spektrum Akademischer Verlag. (1998). *Spektrum*. Abgerufen am 24. 05 2018 von <https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/anilin/533>
- ten Hompel, M., Schmidt, T., Nagel, L., & Jünemann, R. (2007). *Materialflusssysteme*. Springer Vieweg.
- Vehlow, S. (2018). *Logistik Info*. Von <https://www.logistik-info.net/diverses/zentrale-vs-dezentrale-lagerung/> abgerufen
- Wannenwetsch, H. (2014). *Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung*. Berlin: Springer Vieweg.
- Wirtschaftskammer Österreich. (30. 07 2015). *Wirtschaftskammer Österreich*. Von [https://www.wko.at/branchen/information-consulting/unternehmensberatung-buchhaltung-informationstechnologie/csr/Was\\_ist\\_CSR\\_.html](https://www.wko.at/branchen/information-consulting/unternehmensberatung-buchhaltung-informationstechnologie/csr/Was_ist_CSR_.html) abgerufen
- WKO Oberösterreich. (Oktober 2011). *Wirtschaftskammer Oberösterreich*. Von [http://wko.at/ooe/Rechtsservice/Umweltrecht/Neutext/Downloads/Ut\\_1694\\_Lagerung\\_Spraydosen.pdf](http://wko.at/ooe/Rechtsservice/Umweltrecht/Neutext/Downloads/Ut_1694_Lagerung_Spraydosen.pdf) abgerufen

---

# Anlagen

Darstellung Transportsysteme	A-1
Darstellung Lagerarten	A-5
Ist-Materialfluss und Soll-Materialfluss Bereitstellung Rohstoffe	A-7
Ist-Materialfluss und Soll-Materialfluss Späneaufbereitung	A-8



## Darstellung Transportsysteme

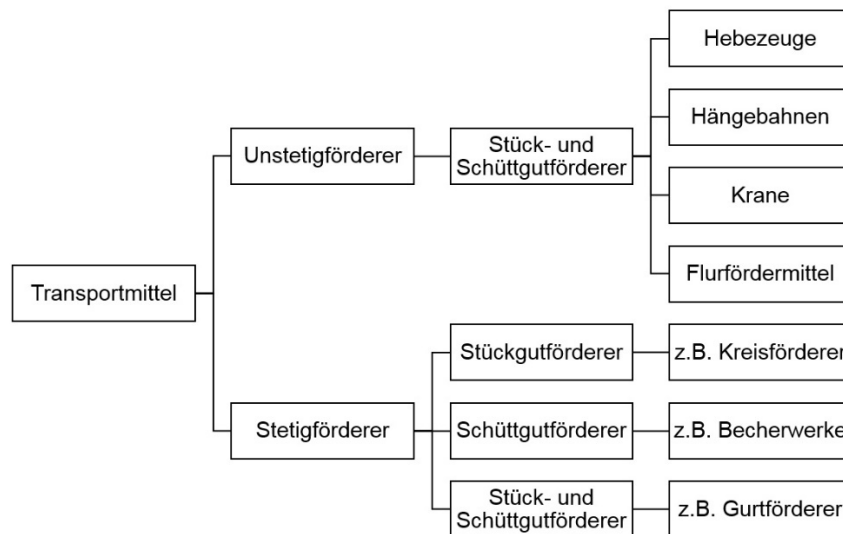


Abbildung 2: Transportsysteme; Abrufdatum: 25.05.2018; <https://www.iph-hannover.de/de/dienstleistungen/tragrollenpruefungen/foerdertechnik/>

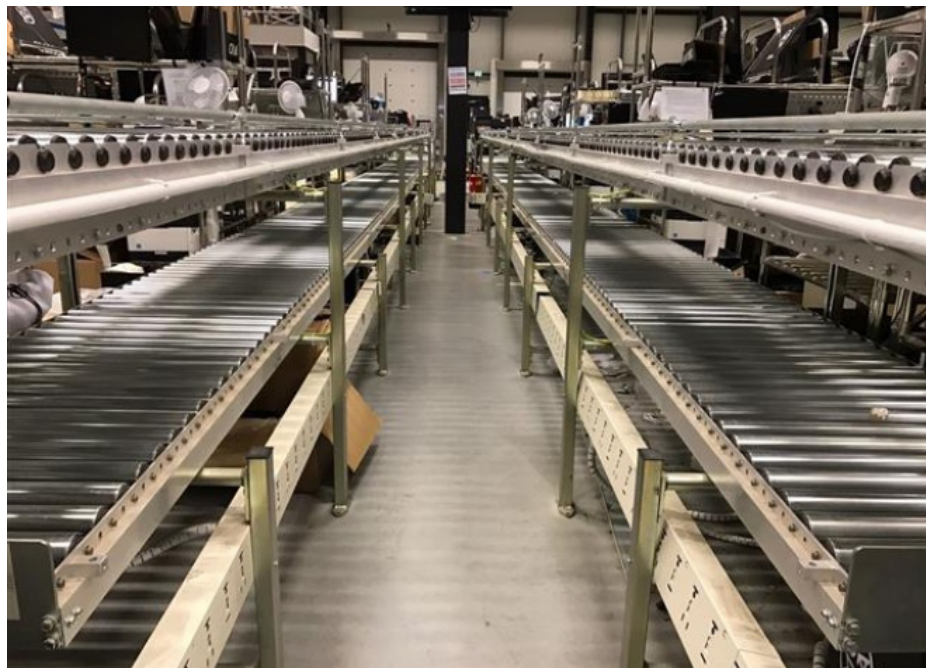


Abbildung 3: Rollenbahnförderer; Abrufdatum: 25.05.2018; <https://www.duijndam-machines.com/de/automaten/3577/transnorm-rollenbahn-f%C3%B6rderer/>





Abbildung 4: Förderbänder; Abrufdatum: 25.05.2018;  
<https://www.rosenbauer.com/de/int/world/produkte/vorbeugender-brandschutz/anwendungen-def/abfallrecycling>



Abbildung 5: Kreisförderer; Abrufdatum: 25.05.2018; <https://www.aft-group.de/produkt/deckenfoerderer/kreisfoerderertechnik/>





Abbildung 6: Hebezeuge; Abrufdatum: 25.05.2018;  
<https://www.konecranes.de/fachlexikon/hebezeug>



Abbildung 7: Hängebahn; Abrufdatum: 25.05.2018; <http://www.demagcranes-ag.com/cms/site/int/Leichtkransystem-KBK/KBK-Haengebahnen>



Abbildung 8: Flurfördermittel; Abrufdatum: 25.05.2018; <http://www.lt-manager.de/stoecklin-logistik-ag>



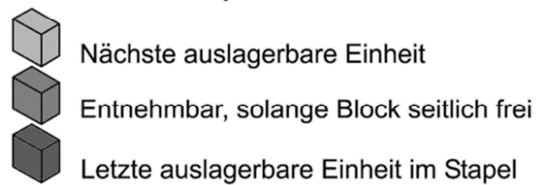
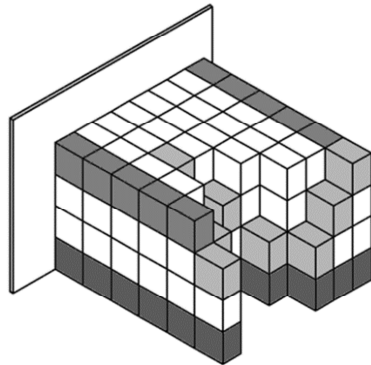
Abbildung 9: Fahrerlose Flurfördermittel; Abrufdatum: 25.05.2018; <http://www.myintralogistik.de/zentrum-fuer-fahrerlose-transportsysteme.html>



Abbildung 10: Fahrerlose Transportsysteme; Abrufdatum: 25.05.2018; <https://de.framo-morat.com/branchen/lagertechnik-foerdertechnik/>

## Darstellung Lagerarten

Bodenblocklagerung



Bodenzeilenlagerung

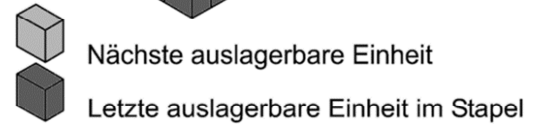
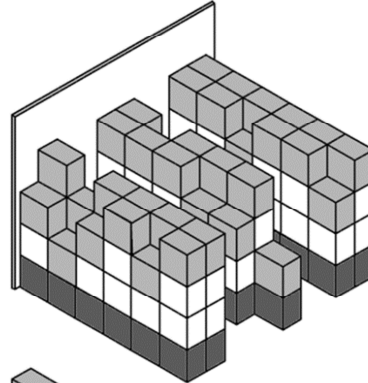


Abbildung 11: Bodenlagerung; Abrufdatum: 26.05.2018; <http://www.logipedia.de/kategorie/b/>

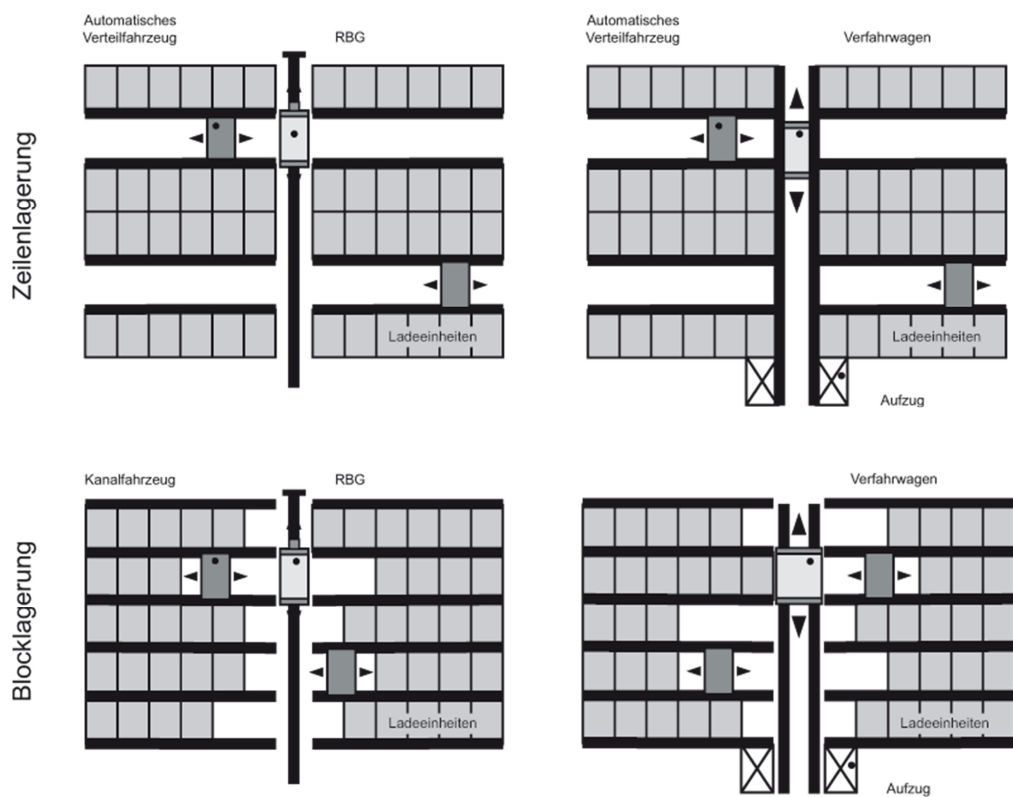


Abbildung 12: Blocklagerung und Zeilenlagerung; Abrufdatum: 26.05.2018; <http://www.logipedia.de/kategorie/s/>



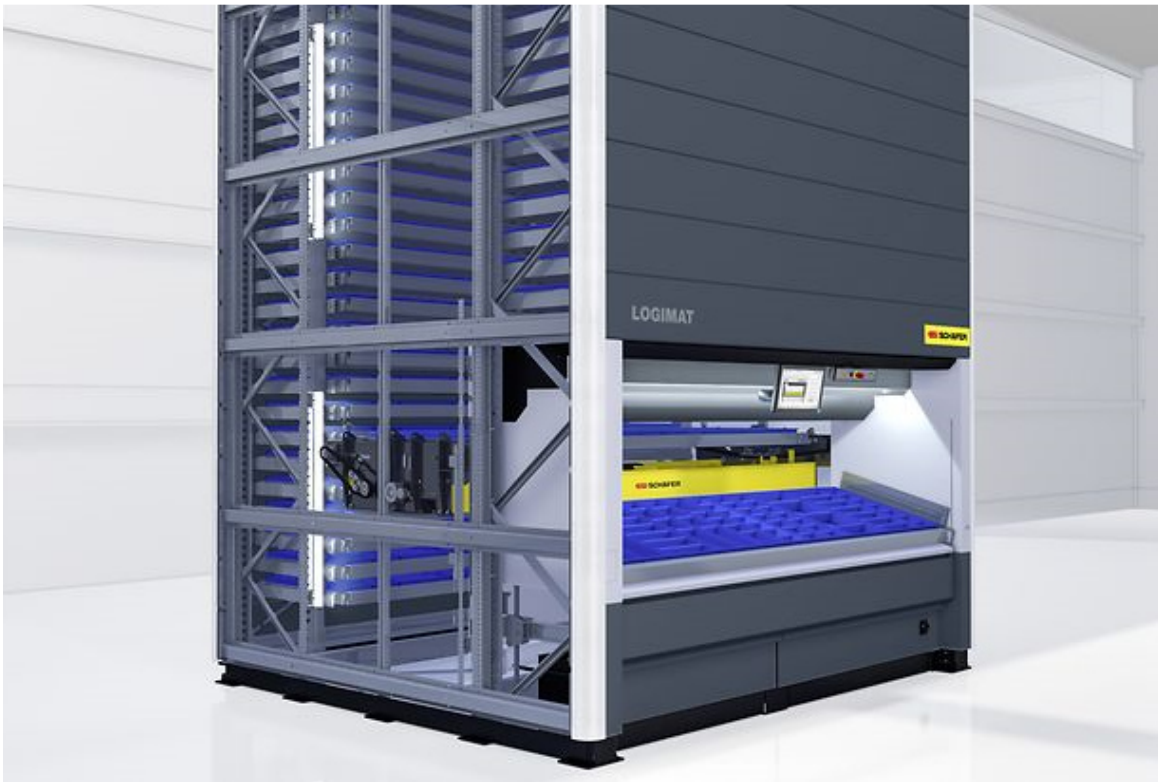


Abbildung 13: Lagerlift; Abrufdatum: 12.06.2018; <https://www.ssi-schaefer.com/de-at/produkte/kommissionieren/manuelles-kommissionieren/lagerlift-logimat---48396>



Abbildung 14: Shuttle-Systeme; Abrufdatum: 12.06.2018; <http://www.lagertechnik.com/info/knapp-ag-lagersysteme-intralogistik-lagerlogistik.html>

## Ist-Materialfluss und Soll-Materialfluss Bereitstellung Rohstoffe

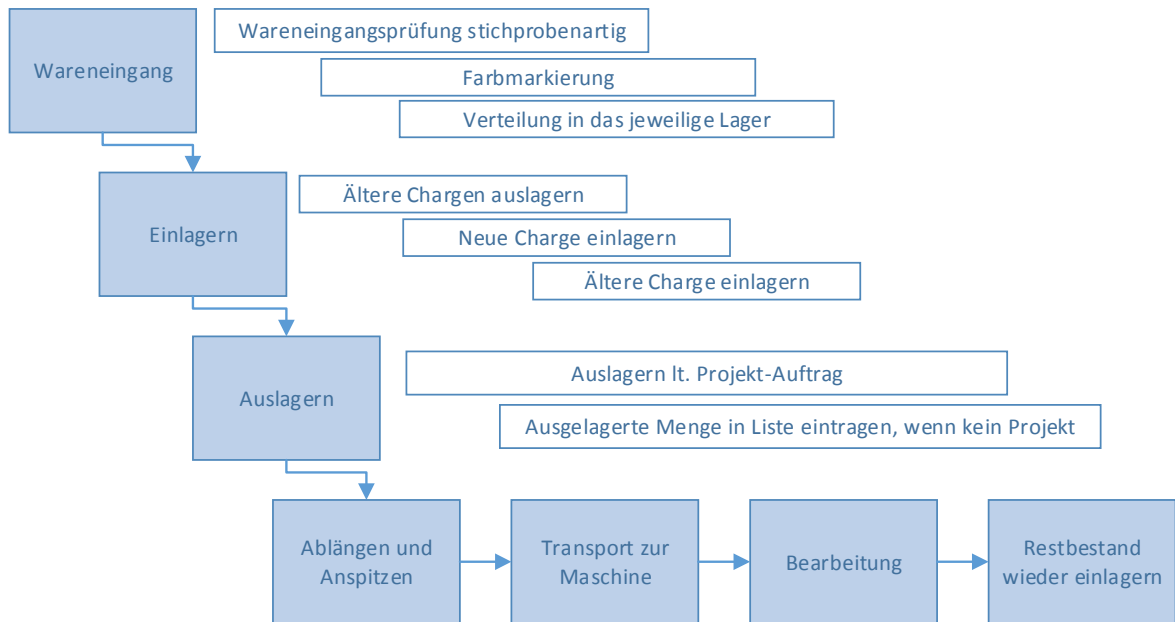


Abbildung 15: Ablauf Bereitstellung Rohmaterial Bestand

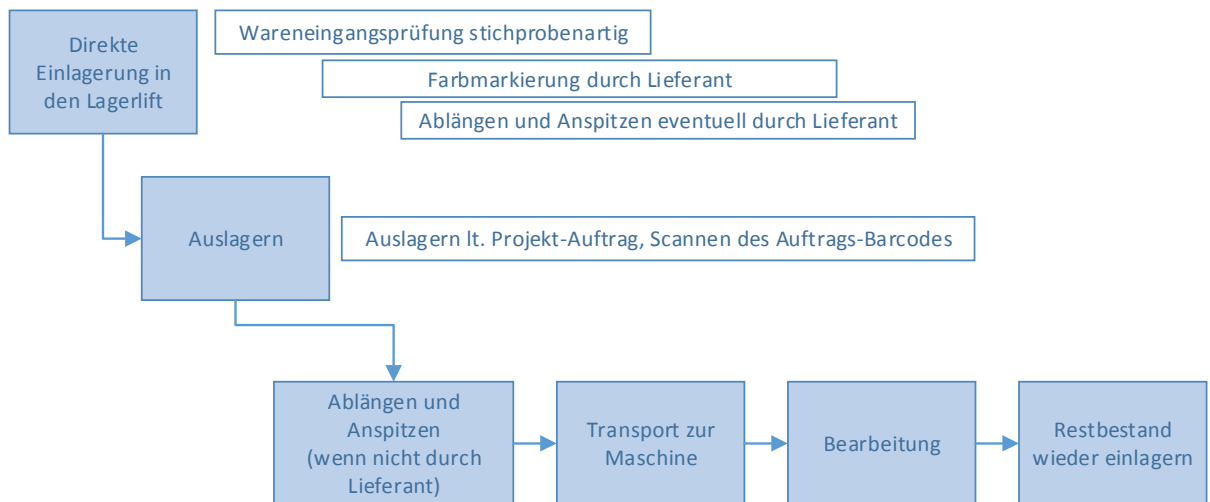


Abbildung 16: Ablauf Bereitstellung Rohmaterial Neu

## Ist-Materialfluss und Soll-Materialfluss Späneaufbereitung

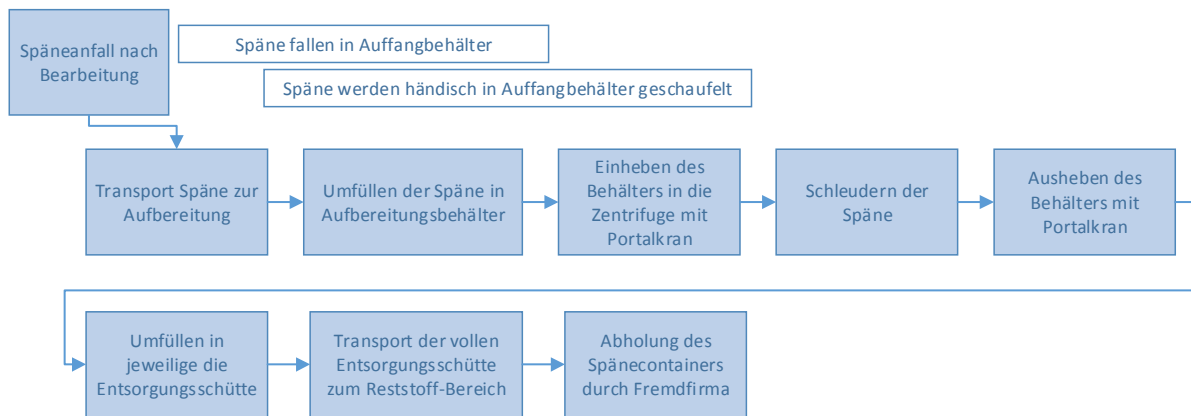


Abbildung 17: Ablauf Späneaufbereitung Bestand

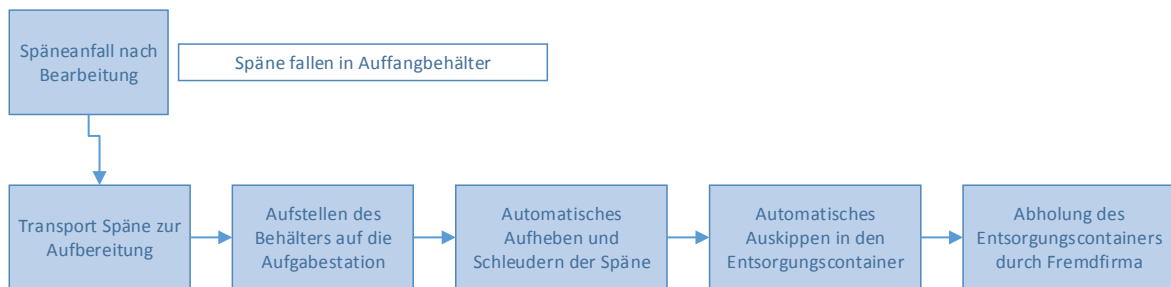


Abbildung 18: Ablauf Späneaufbereitung Neu

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Bürmoos, den 24.07.2018

Daniela Reidl